www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

15e JAARGANG No. 2, blz. 37-72 FEBRUARI 1953

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

EEN ELECTRONISCH HOORTOESTEL

door P. BLOM.

621.395.92:534.773.2

Middelen tot compensatie van een gehoorverlies zijn reeds sedert vele eeuwen bekend; het waren echter tot voor kort grote en onhandige apparaten. Het moderne electronische hoortoestel is klein, licht en onopvallend van uiterlijk, en biedt tevens veel grotere mogelijkheden. Om het electronische hoortoestel een zo breed mogelijk toepassingsgebied te geven, dient het gemakkelijk geschikt gemaakt te worden voor gebruik bij de zeer verschillende vormen van doofheid, die in de practijk voorkomen. In de nu volgende beschrijving van het Philips hoortoestel in zijn verschillende uitvoeringen wordt aan dit punt speciale aandacht gewijd.

Hoortoestellen dienen om de slechthorende zijn gebrek in meer of minder volledige mate te compenseren; zij zijn dus geluidsversterkers, bestemd voor een speciaal toepassingsgebied. Zulke toestellen zijn al sedert verscheidene eeuwen in gebruik. Ieder kent wel uit eigen aanschouwing de grote hoorns, die tot voor kort in zwang waren en waarvan het prototype al vóór 1684 bekend was (*fig. 1*). Pas in de laatste decennia is deze acoustische versterking vervangen door een electronische: het electronische hoortoestel deed in de jaren dertig zijn intrede. De voordelen van een electronisch hoorapparaat zijn vele; zo kunnen o.a. de afmetingen en het gewicht geringer zijn, en het is minder opvallend.

Wij zullen in dit artikel het nieuwe hoortoestel bespreken dat in drie uitvoeringen door Philips in de handel wordt gebracht (*fig. 2*). Dit nieuwe hoortoestel verschilt in enkele opzichten aanzienlijk van de oudere types. Er is niet alleen gestreefd naar geringe afmetingen en naar een gering energieverbruik, maar ook naar een zo breed mogelijk spectrum van toepassingen. Als richtlijnen voor dit doel zijn o.a. genomen: de gemakkelijke verwisselbaarheid der onderdelen en de aanwezigheid van een automatische sterkteregeling met een groot aantal regelniveaus. Tevens is grote aandacht besteed aan de mogelijkheid tot variëren van de frequentiekarakteristiek en aan de tropenvastheid.

Wij willen eerst, als inleiding tot ons onderwerp, een kort overzicht geven van het menselijk gehoororgaan en de defecten die dit kan vertonen. Daarna

75182

Fig. 1. Een ontwerp voor een hoortoestel, daterend van 1684 door A. Kirchner. (Overgenomen uit G. v. Bekesy en W. A. Rosenblith, Early history of hearing — Observations and theories, J. Acoust. Soc. Amer. **20**, 727-748, 1948.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zullen wij ons wenden tot de beschrijving van de technische bijzonderheden van het hoortoestel, en van de speciaal voor dit toestel ontwikkelde miniatuuronderdelen.

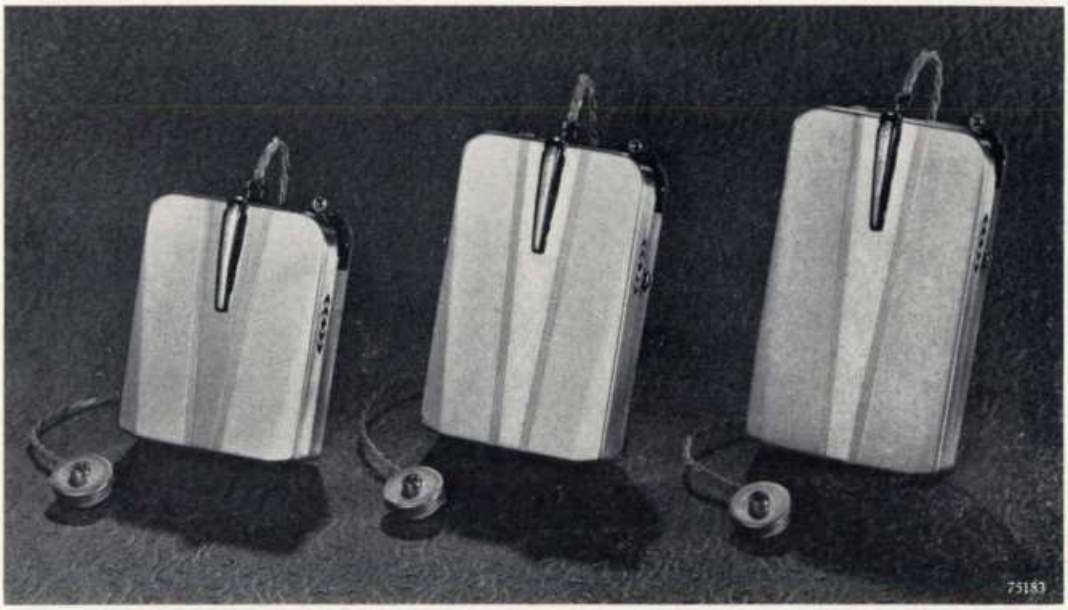


Fig. 2. Het nieuwe Philips hoortoestel in zijn drie verschillende uitvoeringen. Let op de microfoonopeningen aan de rechterzijkant, en op de sterkteregelaar-toonschakelaar rechts boven. De schakelaar vlak bij de microfoonopeningen dient om naar de luisterspoel over te schakelen.

Het gehoororgaan

Het gehoororgaan van de mens bestaat uit drie duidelijk van elkaar te onderscheiden delen (*fig. 3*). Van buiten naar binnen gaande ontmoet men eerst het buitenoor; dit bestaat uit de oorschelp en de gehoorgang. De luchttrillingen die het geluid vormen, worden door de oorschelp opgevangen en door de gehoorgang geleid naar het middenoor. Dit is door het trommelvlies gescheiden van het buitenoor en bevat de bekende drie gehoorbeentjes. Deze gehoorbeentjes hebben tot taak de trillingen van het trommelvlies, die door het geluid worden teweeg gebracht, over te brengen op het membraan van het ovale venster, dat de verbinding vormt met het binnenoor. Het middenoor is door de buis van Eustachius verbonden met de neus-keelholte, waardoor vermeden wordt dat over- of onderdrukken in de middenoorholte optreden. Het binnenoor bevat o.a. een naar boven toe nauwer wordend, spiraalvormig opgewikkeld kanaal met ca. 2,5 winding, het slakkenhuis. Dit kanaal is door een tussenschot in de lengterichting in tweeën gedeeld. De ene helft mondt uit op het ovale venster, de andere op een tweede opening in de wand van het binnenoor, het ronde venster. Het tussenschot loopt niet geheel tot het einde van het slakkenhuis door, zodat beide helften met elkaar in verbinding staan. Het slakkenhuis is gevuld met een dikke vloeistof. In het tussenschot van het slakkenhuis, dat zelf ook weer een hol kanaaltje is, dat met vloeistof is gevuld, bevindt zich het zg. orgaan van Corti. Trillingen van het ovale venster worden door de vloeistof overgebracht naar dit orgaan. Het kanaal met het orgaan van Corti heeft niet over de gehele lengte, van het begin tot het einde van het slakkenhuis, dezelfde doorsnede. Hiermede hangt samen het feit dat elk deel van dit orgaan aanspreekt bij een bepaalde frequentie van het geluid; zo spreekt het

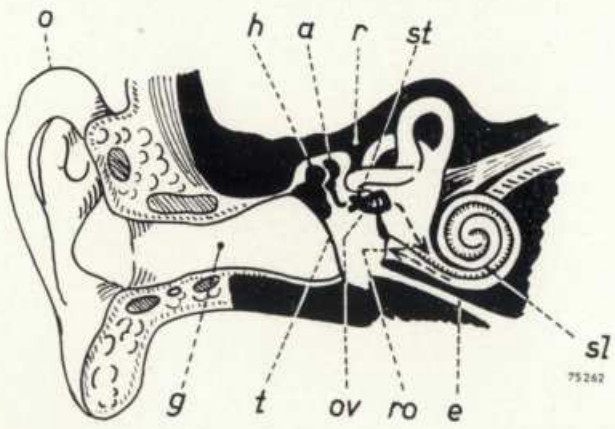


Fig. 3. Schematische doorsnede van het menselijk gehoororgaan: *o* oorschelp, *g* gehoorgang, *h* hamer, *a* aambeeld, *st* stijgbeugel, *t* trommelvliès, *ov* ovale venster, *ro* ronde venster, *sl* slakkenhuis, *e* buis van Eustachius, *r* rotsbeen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gedeelte vlak bij het ovale venster aan bij zeer hoge frequenties, voor zeer lage frequenties is daarentegen de top van het slakkenhuis gevoelig. Deze mechanische selectie van het geluid in het slakkenhuis is zeer grof; zij wordt gevolgd door een, nog onbekend, veel fijner selectieproces in de gehoorzenuw, waarmee de cellen van het orgaan van Corti in verbinding staan. De gehoorzenuw geeft de geluidsprikkel door naar de hersenen. Hier komt dus het geluidssignaal, ontleed in zijn verschillende componenten, ieder van bepaalde frequentie, aan. Zodoende wordt het aan de hersenen mogelijk conclusies te trekken over de hoedanigheid en de oorsprong van het geluid.

Wij hebben hier alleen gesproken over het horen door luchtgeleiding. Het geluid kan het orgaan van Corti ook bereiken door geleiding door de schedelbeenderen (beengeleiding), hoewel langs deze weg voornamelijk slechts lage frequenties kunnen worden waargenomen.

Defecten aan het gehoororgaan hebben in meer of mindere mate doofheid ten gevolge. Wij kunnen de mogelijke defecten onderscheiden in drie klassen: gebreken in de geleiding van het geluid, resulterende in geleidingsdoofheid; defecten in het slakkenhuis of de gehoorzenuwen, die aanleiding geven tot perceptiedoofheid; en defecten in de hersenen. Op de laatste zullen we hier niet ingaan, daar hun invloed toch niet door het gebruik van een gehoortoestel kan worden tegengegaan.

Geleidingsdoofheid kan bijv. ontstaan door afsluiting van de gehoorgang door een prop oorwas, of als gevolg van een ontsteking. Ook het trommelvlies kan oorzaak zijn van geleidingsdoofheid, doordat er zich bijv. oorwas op heeft afgezet. Een veel voorkomende oorzaak is middenoorontsteking, al dan niet gevolgd door scheuring van het trommelvlies. Meestal is een op deze wijze veroorzaakte doofheid slechts tijdelijk, doch zij kan van blijvende aard zijn (chronische middenoorontsteking). Een verstopping van de buis van Eustachius, waardoor een onderdruk in de middenoorholte kan ontstaan, kan eveneens doofheid ten gevolge hebben.

Een aantasting van het middenoor, die het horen geleidelijk slechter maakt, is de otosclerose, een beenwoekering in het middenoor, die soms de gehoorbeentjes in hun bewegingen belemmert. In vele gevallen kan de otosclerose door een ingenieuze operatie, de fenestratie, verholpen worden.

In al de genoemde gevallen is het voornamelijk de luchtgeleiding die is belemmerd of uitgeschakeld.

Perceptiedoofheid wordt vaak veroorzaakt door geleidelijk degenereren van het orgaan van Corti. Gewoonlijk begint deze degeneratie op de plaats waar de hoge frequenties worden waargenomen en schrijdt dan verder langzaam naar de lage frequenties voort. Een merkwaardig verschijnsel hierbij is, dat bij grote geluidsintensiteit de hoge tonen vaak nog wel kunnen worden waargenomen, en wel op volle sterkte. Er is een plotselinge overgang van niet-horen tot horen (*fig. 4*). Daar de pijngrens, dat is de grens gesteld aan de sterkte van het aangeboden signaal opdat de waarnemer geen pijngevoelens zal ondervinden, in de regel op hetzelfde niveau is blijven liggen, is het geluidssterkte-interval dat de patient kan waarnemen, de „span", zeer klein geworden. Dit verschijnsel wordt genoemd recruitment of regressie.

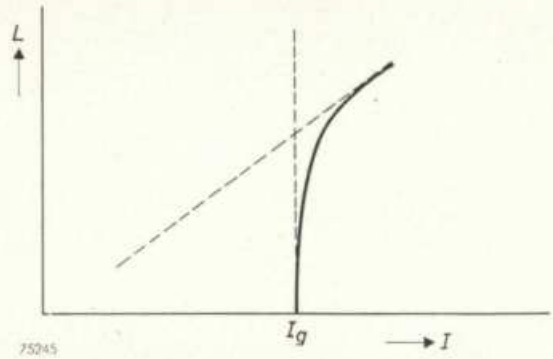


Fig. 4. Het regressie-verschijnsel. Uitgezet is de door de patient waargenomen luidheid L tegen de geluidsintensiteit I in de gehoorgang. Beneden een zekere grensintensiteit I_g neemt de patient geen of nagenoeg geen geluid waar, daarboven is zijn gewaarwording met die van een normaal horende vergelijkbaar.

Om de aard van een gehoordefect te bepalen, wordt in een grafische voorstelling het gehoorverlies (voor luchtgeleiding en voor beengeleiding) van de patient uitgezet als functie van de frequentie van het aangeboden geluid. Het gehoorverlies is gedefinieerd als de verhouding van de intensiteiten welke de patient resp. een normaal persoon nog juist kan horen; het wordt uitgedrukt in decibels. Een dergelijke grafiek noemt men een audiogram; dit wordt opgenomen met behulp van een electro-acoustisch instrument, een zg. audiometer[1]). In *fig. 5* zijn enkele audiogrammen weergegeven.

Uit deze audiogrammen blijkt, dat bij geleidingsdoofheid in ernstige gevallen de geluidsdruk nodig voor een juist waarneembare prikkel, tot 60 dB, dit is ongeveer een factor 1000, sterker kan zijn dan bij normaal horenden. Een uitgesproken afhankelijkheid van de frequentie treedt hier in het algemeen niet op. De perceptiedoofheid onderscheidt zich o.a. van de geleidingsdoofheid, zoals uit de audiogrammen

[1]) Een dergelijk instrument is vroeger eens in dit tijdschrift beschreven: L. Blok en H. J. Köster, Een toestel voor het onderzoek van de gehoorscherpte, Philips techn. T. **6**, 235-240, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

blijkt, doordat zowel het horen door beengeleiding als het horen door luchtgeleiding bemoeilijkt is; bij geleidingsdoofheid is de beengeleiding in het algemeen niet verzwakt. Zoals reeds gezegd, is de perceptiedoofheid in het algemeen het meest uitgesproken voor de hogere frequenties en kan daar vrijwel absoluut zijn, dwz. meer dan 100 dB bedragen.

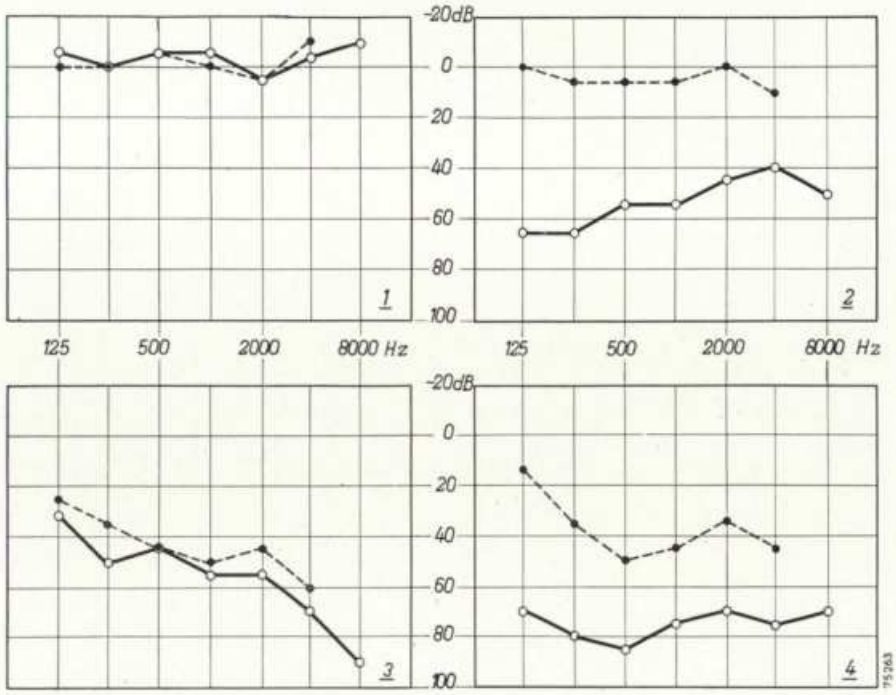


Fig. 5. Audiogrammen. Verticaal is uitgezet (in dB) het gehoorverlies van de patient vergeleken met de gemiddelde gevoeligheid van het menselijk oor. Horizontaal is uitgezet de frequentie van het geluid in Hz. *1* geldt voor een normaal gehoor, *2* voor een patient met geleidingsdoofheid, *3* voor een patient met perceptiedoofheid, en *4* voor een patient met een gemengde vorm van doofheid. De getrokken krommen hebben betrekking op luchtgeleiding, de gestippelde op beengeleiding. De figuur laat slechts voorbeelden zien, in de practijk heeft elk geval van doofheid weer zijn eigen audiogrammen.

Vaak treden gemengde vormen van doofheid op, zoals in fig. 5 ook is te zien. Regressie kan niet uit een enkel audiogram worden geconcludeerd; voor het onderzoek hiernaar zijn uitgebreidere proeven nodig.

Taak van een hoortoestel

De voornaamste taak van een hoortoestel is wel het zodanig versterken van geluid dat de spraak verstaanbaar wordt en omgevingsgeluiden de patient een indruk geven van wat er om hem heen gebeurt. Het weergeven van muziek komt eerst op de tweede plaats.

Uit de korte opsomming van de voornaamste gehoordefecten zal al duidelijk geworden zijn, dat de gedetailleerde eisen die aan een hoortoestel worden gesteld, van geval tot geval zeer veel kunnen verschillen. Hierbij komt nog dat het niet mogelijk is gebleken, een ondubbelzinnig verband te vinden tussen de aard van een gehoordefect zoals men dat bijv. uit een audiogram bepaalt, en de voor de patient gunstigste eigenschappen van zijn hoortoestel. Zo zou men bijv. in het geval *3* van fig. 5 op physische gronden een hoortoestel met een naar hogere frequenties oplopende versterkingsfactor (oplopende frequentiekarakteristiek) willen voorschrijven, doch zeer vaak, zo niet steeds, blijkt de patient in dergelijke gevallen een veel vlakkere karakteristiek te prefereren.

Een van de factoren die de beoordeling van de gewenste eigenschappen van een hoortoestel bemoeilijken, is ongetwijfeld dat het horen door een slechthorende met hoortoestel monauraal geschiedt. Bij het monauraal horen treden diverse merkwaardige effecten op. Het richteffect is grotendeels verdwenen, maar blijkt bij enige oefening te worden geregenereerd. Het draaien van de microfoon geeft namelijk kwaliteitsverschillen van het ontvangen signaal, daar de frequentiekarakteristiek van het toestel enigszins afhangt van de richting waaruit het signaal wordt ontvangen [2]). Een ander

[2]) Vgl. hiervoor: K. de Boer en A. Th. van Urk, Enige bijzonderheden bij het richtingshoren, Philips techn. T. **6**, 363-368, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

effect van het monauraal horen is het schijnbaar uit een vlak komen van de omgevingsgeluiden: de patient kan de afstand van de geluidsbronnen slecht determineren. Ook hier blijkt in de meeste gevallen enige rehabilitatie door oefening mogelijk te zijn.

Daar uiteindelijk slechts door de patiënt zelf kan worden beoordeeld welke eigenschappen voor zijn hoortoestel het gunstigste zijn, is het een dringende eis deze eigenschappen binnen wijde grenzen te kunnen variëren. Deze eis betreft niet alleen de frequentiekarakteristiek, maar ook de andere eigenschappen. De fabrikant zou aan de voorwaarde van variabiliteit gemakkelijk kunnen voldoen, ware het niet dat hij in tweeërlei opzicht gebonden is. Ten eerste zijn er van het standpunt van de gebruiker nog andere, even zwaar wegende eisen, waarvan er hierboven al enkele genoemd zijn en waarbij o.a. nog behoren: een zo klein mogelijk opgenomen vermogen, geringe afmetingen, gering gewicht, grote stevigheid enz.. Met het oog hierop beperkt men zich gewoonlijk in een hoortoestel tot het versterken van frequenties tussen de 100 en 5000 Hz, en zelfs dan nog is het zeer moeilijk aan alle eisen in voldoende mate te voldoen. Ten tweede is er nog een dwingende eis vanuit het gezichtspunt van de fabrikant, nl. die, een zo groot mogelijk aanpassingsgebied te verkrijgen met slechts één enkel type hoortoestel. Met andere woorden, hij wil verschillende aanpassingen kunnen realiseren door het met enkele handgrepen instellen van één toestel. Dit werkt nl. de massafabricage in de hand en doet de prijs dalen.

Hoe in het Philips hoortoestel is getracht aan al deze eisen tegemoet te komen, zullen we nu beschrijven.

Mogelijkheden van de Philips hoortoestellen

Als norm waaraan een hoortoestel moet voldoen, kan men nemen een versterking van 50 dB in het frequentiegebied van 200 tot 4000 hertz (dat dus spraak en omgevingsgeluiden omvat). Er moet echter voor worden gezorgd dat bij hard schreeuwen (wanneer de ingangsgeluidsintensiteit ca. 30 dB boven de normale spraakintensiteit ligt) of bij andere harde geluiden, het geluid niet vervormd wordt weergegeven, en dat de patient niet een zodanig grote luidheid waarneemt dat de pijngrens wordt overschreden. Speciaal voor de groep regressiedoven is deze eis van sterkteregeling een noodzaak: bij hen is de marge tussen waarnemingsdrempel en pijngrens (de span) immers meestal kleiner dan de dynamiek van de geluiden die men hoorbaar wil maken.

Een dergelijke regeling van de versterking kan abrupt of continu zijn. In het eerste geval spreekt men van begrenzing, die meestal daarin bestaat dat het signaal aan de uitgangszijde een zekere waarde niet kan overschrijden. In *fig. 6* is

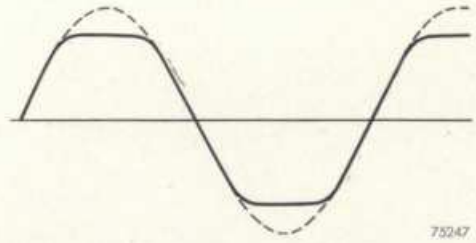


Fig. 6. Ter illustratie van de vervorming welke optreedt als het uitgangssignaal abrupt begrensd wordt.

een dergelijk begrensd signaal afgebeeld. Er treedt klaarblijkelijk een aanzienlijke vervorming op, waardoor de verstaanbaarheid achteruitgaat. In het Philips hoortoestel is daarom de continue regelmethode toegepast, de zg. automatische sterkteregeling, waardoor vervorming wordt voorkomen. Het regelniveau van de automatische sterkteregeling is bovendien nog in zeven stappen te variëren, in overeenstemming met de eis van variabiliteit die in het bovenstaande is uiteengezet.

Wijzigen van de frequentiekarakteristiek kan in het Philips hoortoestel ten eerste verwezenlijkt worden door middel van een toonschakelaar, waarmede het doorlaatgebied van de koppeling tussen eerste en tweede buis wordt geregeld. Aldus stelt men de patient in staat, afhankelijk van zijn behoefte, de keuze te doen tussen drie frequentiekarakteristieken, die vooral van elkaar verschillen aan de grenzen van het frequentiegebied. Belangrijker echter nog is de mogelijkheid, bij de aanschaf van het toestel een keuze te doen tussen 7 telefoons, waarmee 7 over het gehele frequentiegebied verschillende weergeefkarakteristieken kunnen worden gerealiseerd. Men heeft dus de keuze tussen $3 \times 7 = 21$ verschillende totale karakteristieken.

Microfoon, luisterspoel en telefoon

De microfoon van het Philips hoortoestel is een kristalmicrofoon, waarvan de onderdelen samen een uitneembaar geheel vormen. Een schets van de microfoon vindt men in *fig. 7*. De „microfoonpastille" bestaat uit een ronde doos, waarin als geluidsgevoelig deel een vierkant kristal van seignettezout (kaliumnatriumtartraat) is gemonteerd. De pastille is verend opgehangen in een rechthoekige doos, die de contactpennen ter verbinding met de versterker bevat. Het kristal wordt in trilling ge-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

bracht doordat een klein membraan van aluminiumfolie, dat met één der hoeken van het kristal is verbonden, door de geluidstrillingen gaat vibreren. De electrische doorvoeringen door de ronde en de rechthoekige doos zijn geïsoleerd door glasparels, waardoor o.a. de gevoeligheid voor vocht wordt tegengegaan.

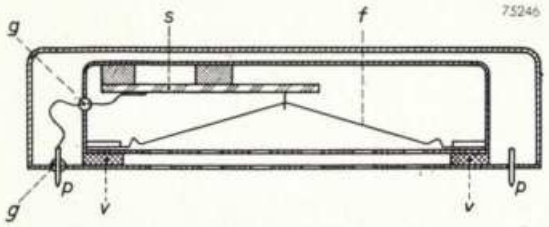


Fig. 7. Schematische doorsnede van de microfoon van het Philips hoortoestel: *s* seignettezoutkristal, *f* aluminiumfolie, *v* verende ophanging van de doos met kristal en folie, *g* glasparels, *p* contactpennen.

Een grote bijdrage tot het achtergrondgeruis, dat de gebruiker van een hoortoestel steeds waarneemt, wordt geleverd door het schuren van de kleding over de microfoon en zijn omgeving (het zg. case noise). Om dit geruis zo gering mogelijk te maken, zijn in het nieuwe hoortoestel de microfoonopeningen aan de zijkant van het huis aangebracht.

Door een schakelaar te bedienen, is het mogelijk van de microfoon over te schakelen naar de zg. luisterspoel, een spoel met zeer vele windingen. Terwijl de microfoon reageert op de acoustische trillingen, reageert de luisterspoel op een magnetisch wisselveld (er worden spanningen in geïnduceerd), bijv. op het spreidingsveld van de telefoon van een normaal telefoontoestel. Deze wijze om met het hoortoestel te telefoneren heeft veel aantrekkelijks, daar bij acoustische overdracht tussen telefoon en hoortoestel veel vervorming optreedt. De telefoon is dan nl. acoustisch onbelast, daar ze niet tegen het oor gedrukt is. Een tweede bezwaar van acoustische overdracht is, dat ten gevolge van het monauraal horen het omgevingslawaai abnormaal hinderlijk is, waardoor de verstaanbaarheid tijdens het telefoneren wordt verminderd. Door magnetische overdracht echter, dus met behulp van de luisterspoel, wordt alle luchtgeluid uitgeschakeld en kan het gesprek zich tegen een achtergrond van stilte afwikkelen [3]).

Een andere steeds meer veld winnende toepassing van de luisterspoel is het luisteren in zalen, kerken, schouwburgen, enz. In dat geval wordt een grote draadlus langs de wanden van de ruimte gespannen en aangesloten op de uitgang van een laagfrequentieversterker; het laagfrequente magnetische wisselveld van de lus induceert spanningen in de luisterspoel. De slechthorende is niet meer aan de voorste rij of aan bepaalde plaatsen gebonden, maar kan zich vrij bewegen, terwijl hij een geluidsoverdracht ondervindt die nagenoeg vrij is van zaallawaai en nagalm. Ook voor niet-doven kan het hoorapparaat met luisterspoel goede diensten bewijzen, bijv. bij rondleidingen in musea, die nu „radiofonisch" kunnen geschieden (*fig. 8*), bij het doen van mededelingen aan het personeel van grote fabrieksruimten met een hoog lawaaiiniveau, en bij televisie- en filmopnamen.

Terwijl de microfoon tezamen met de versterker in het huis van het hoortoestel is ingebouwd, wordt de telefoon met behulp van een plastic prothese in de gehoorgang bevestigd. De afsluiting moet zo veel mogelijk luchtdicht zijn, om geluidsverlies of -vervorming te voorkomen.

Fig. 8. Rondleiding met uitleg via het Philips hoortoestel met luisterspoel, in het Stedelijk Museum te Amsterdam.

Zoals reeds vermeld, kan de patient bij aanschaffing van een toestel de keuze maken tussen zeven soorten telefoons. Vijf hiervan zijn magnetische telefoons, met een impedantie van 100 Ω (bij 1000 Hz) en een zodanige weergeefkarakteristiek dat voornamelijk het middengebied der weer te geven geluidsfrequenties wordt doorgelaten; de overige twee soorten zijn kristaltelefoons met een impedantie van 100 000 Ω en een betere weergeefkwaliteit van de hoge tonen. De kristaltelefoon is ook lichter en kleiner dan de magnetische. Op elke telefoon is een gestandaardiseerde „drukknoopaansluiting" aangebracht, waarmede de plastic prothese wordt vastgehouden (*fig. 9*).

[3]) Ook uit de microfoon kan men omgevingslawaai weren, nl. door gebruik te maken van een keelmicrofoon, zie Philips techn. T. 5, 6-14, 1940.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 9. De plastic prothese waarmede de telefoon in de gehoorgang wordt bevestigd, links los, rechts met een drukknoopsluiting op de telefoon aangebracht. Ter vergelijking is een trouwring medegefotografeerd.

De versterker

De versterker van het Philips hoortoestel is een conventionele drietraps-laagfrequentieversterker. De maximale electrische versterking bedraagt 72 dB, dus ca. 5000×; zij kan met de hand verminderd worden door een sterkteregelaar, die achter de eerste buis is geplaatst. De ingangswisselspanning, door de microfoon geleverd, heeft bij een normaal geluidsniveau (spraak) gemiddeld een amplitude van 1 mV, de afgegeven wisselspanning aan de uitgangstransformator bedraagt dan ca. 5 V. Meting van de geluidsdruk van de telefoon, geplaatst op een kunstoor[4]), toont aan dat de acoustische versterking van het gehele hoortoestel bij 1000 Hz 52 dB bedraagt.

De impedantie aan de secundaire zijde van de uitgangstranformator bedraagt 100 Ω, zodat ze aangepast is bij de impedantie van de magnetische telefoons. Door omschakeling, met behulp van een contactstopje, kunnen echter de uitgangsklemmen van de versterker ook een impedantie van 100 000 Ω te zien geven, zodat aanpassing voor de kristalmicrofoons ontstaat. In *fig. 10* is het principeschema van de volledige versterker gegeven.

De reeds genoemde automatische sterkteregeling komt tot stand volgens het vetgedrukte gedeelte van fig. 10. De anodewisselspanning van de eindbuis B_3 wordt via R_1 en C_1 toegevoerd aan een seleniumcel *Se*, die er een gelijkspanning van maakt. Deze gelijkspanning wordt naar het rooster van de eerste buis B_1 gevoerd en bewerkt dat als de ingangsspanning te groot wordt, de roostervoorspanning van de eerste buis automatisch daalt, zodat de versterking afneemt.

Zoals vanzelf spreekt, is het van het grootste belang dat een sterke geluidsimpuls snel teruggeregeld wordt, daar anders de beginklanken van een

[4]) Voor de beschrijving van een kunstoor, zie K. de Boer en R. Vermeulen, Een installatie voor een slechthorende, Philips techn. T. 4, 329-332, 1939.

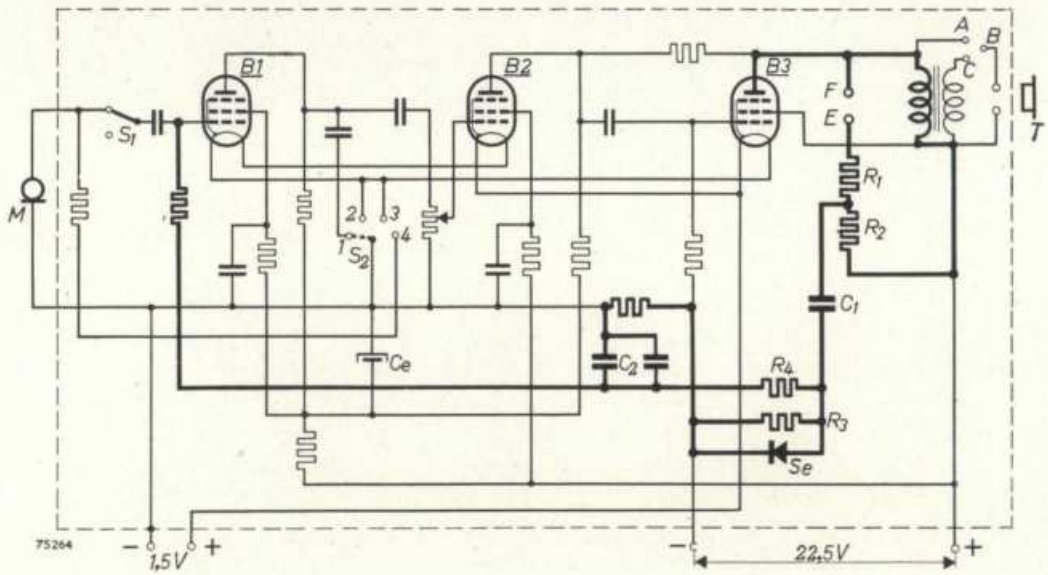


Fig. 10. Principeschema van de versterker. Slechts de voornaamste onderdelen zijn apart aangeduid: *M* microfoon; S_1 schakelaar microfoon-luisterspoel (de verbindingen van de luisterspoel zijn in dit schema niet getekend); B_1, B_2, B_3 buizen; S_2 toonregelaar, in stand 1 is het toestel uitgeschakeld; C_e electrolytische ontkoppelingscondensator; *A*, *B*, *C*, *E* en F contactbussen, die onderling verbonden kunnen worden door inzetten van een contactstop; *T* telefoon. Het circuit van de automatische sterkteregeling is vet getekend. De anodewisselspanning van de eindbuis B_3 wordt via R_1 en C_1 aan de seleniumcel *Se* toegevoerd. De door deze cel gelijkgerichte wisselspanning wordt via R_4 op het rooster van de ingangsbuis B_1 gebracht. C_2 en R_4 bepalen samen de inregeltijd van de automatische sterkteregeling, C_2, R_4 en R_3 de uitregeltijd. Het regelniveau wordt bepaald door de weerstand R_2.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

luid gesproken woord vervormd zouden kunnen worden weergegeven (de versterker geraakt overstuurd). De inregeltijd wordt voornamelijk bepaald door het product van de waarden van R_4 en C_2. Deze elementen werken namelijk als een filter in de weg van de regelspanning van seleniumcel naar eerste buis. Men kan de inregeltijd ook weer niet *te* kort nemen, daar dan gevaar van instabiliteit (kikkeren) van de versterker ontstaat. Dit gevaar kan verregaand worden verminderd door tussen de versterkertrappen goed gedimensionneerde koppelelementen aan te brengen. Een voor de practijk gunstige waarde van de inregeltijd blijkt 150 msec te zijn.

Indien het aan de microfoon toegevoerde geluid niet meer een abnormale sterkte heeft, dient de versterking van het hoortoestel weer naar de oude waarde terug te lopen. De tijd die hiervoor nodig is, noemt men de uitregeltijd; om geen onrustige achtergrond te verkrijgen als gevolg van het zich terugregelen van de versterker in de tussenpauzen van een zin, dient de uitregeltijd niet al te kort te worden gekozen. Hij wordt bepaald door de RC-tijd van het systeem C_2, R_4, R_3 in fig. 10, en ligt tussen $^1/_2$ en 1 seconde.

In *fig. 11* wordt weergegeven hoe de automatische sterkteregeling verloopt als aan het toestel acoustische impulsen toegevoerd worden. Het regelniveau is hier zó gekozen dat na het inzetten van de impulsenreeks het toestel slechts voor zeer korte tijd overstuurd wordt en daardoor gedurende slechts zeer korte tijd een vervormd uitgangssignaal levert.

Hierboven is reeds gezegd dat het regelniveau kan worden aangepast bij de behoefte van de patient. Deze individuele aanpassing wordt gevonden door

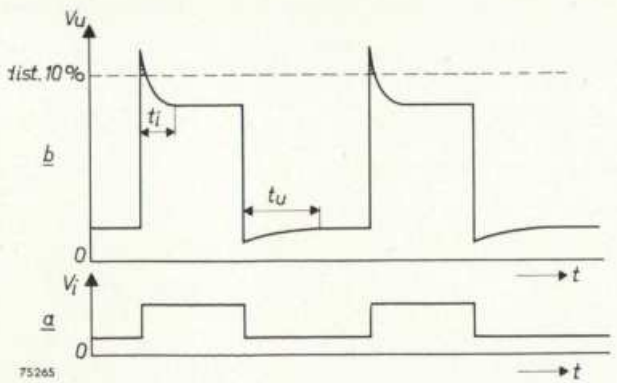


Fig. 11. Werking van de automatische sterkteregeling. *a*) Aan de ingang van de versterker wordt een kanteelspanning toegevoerd (V_i) met een zodanige amplitude, dat zonder automatische sterkteregeling de uitgangsspanning meer dan 10 % distorsie zou vertonen. *b*) De uitgangsspanning V_u met regeling vertoont slechts gedurende zeer korte tijd een distorsie van meer dan 10%. De betekenis van de inregeltijd t_i en uitregeltijd t_u wordt uit de figuur zichtbaar. Ter wille van de duidelijkheid is t_i naar verhouding veel te groot getekend.

het plaatsen van weerstanden (R_2 in fig. 10) in serie met de telefoon. Bij de constructie van het hoortoestel is van de gedachte uitgegaan, de patient niet alle weerstanden en schakelaars in zijn toestel mee te geven die nodig zijn om aan de voorkomende verschillen tussen de patienten het hoofd te bieden.

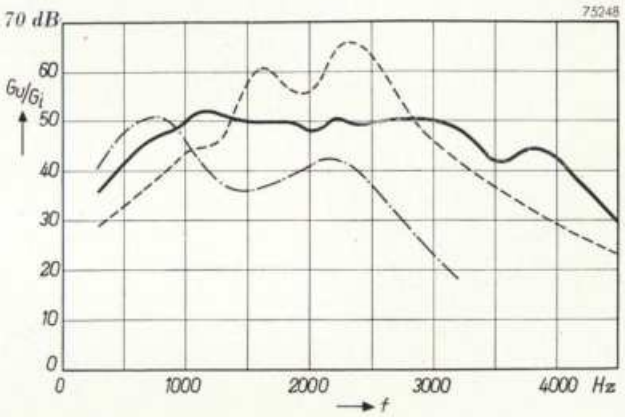


Fig. 12. Frequentiekarakteristieken van het volledige hoortoestel, zoals ze behoren bij drie der eenentwintig combinaties van soort telefoon en stand van de toonschakelaar. Verticaal is uitgezet de acoustische versterking, d.i. de verhouding van de uitgangsgeluidsdruk G_u tot de ingangsgeluidsdruk G_i, in dB.

Omdat gewoonlijk slechts eenmaal het regelniveau wordt ingesteld, en wel bij de aanschaf van het hoortoestel, wordt de regelweerstand aangebracht in de reeds genoemde verwisselbare contactstop. De patient, gesecondeerd door de arts en de handelaar, heeft een keus uit tweemaal acht contactstoppen, welke hem een versterker bieden die resp. een niet geregeld uitgangsvermogen levert of een regeling op één van zeven, telkens 5 dB verschillende, regelniveaus, steeds met de mogelijkheid van een kristal- of een magnetische telefoon.

In *fig. 12* worden enkele frequentiekarakteristieken van het volledige hoortoestel getoond. Uitgezet is de verhouding van de uitgangsgeluidsdruk tot de ingangsgeluidsdruk in dB tegen de frequentie. De afgebeelde karakteristieken zijn voorbeelden van wat met de zeven maal drie combinaties telefoontoonregeling te bereiken is. De eenentwintig aldus te kiezen karakteristieken, tezamen met de acht mogelijkheden van automatische sterkteregeling, geven een uitgebreid spectrum van aanpassingen van het hoortoestel aan de verschillende vormen van doofheid.

Constructie

De constructie van het Philips hoortoestel wijkt enigszins af van hetgeen men bij de meeste hoortoestellen vindt, doordat naast de eisen van geringe afmetingen, mechanische stabiliteit, tropenvastheid, enz. zeer nadrukkelijk de eis van vervangbaarheid

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van de onderdelen op de voorgrond is gesteld. Vervangbaarheid vereenvoudigt reparaties uitermate en stelt de handelaar in staat, aan de hand van een eenvoudige instructie, de voorkomende onregelmatigheden zelf te corrigeren, zonder daarbij een soldeerbout ter hand te behoeven te nemen of een meetinstrument te gebruiken.

De vervangbaarheid van telefoon en contactstop wijze is aan de eis van vervangbaarheid in hoge mate tegemoetgekomen.

De diverse onderdelen en hun rangschikking tot eenheden zijn in de „exploded view" van *fig. 13* te zien. Een foto van het inwendige van het toestel toont *fig. 14*. Deze foto heeft betrekking op het middelste type van de serie van drie hoortoestellen (vgl. fig. 2 en hieronder).

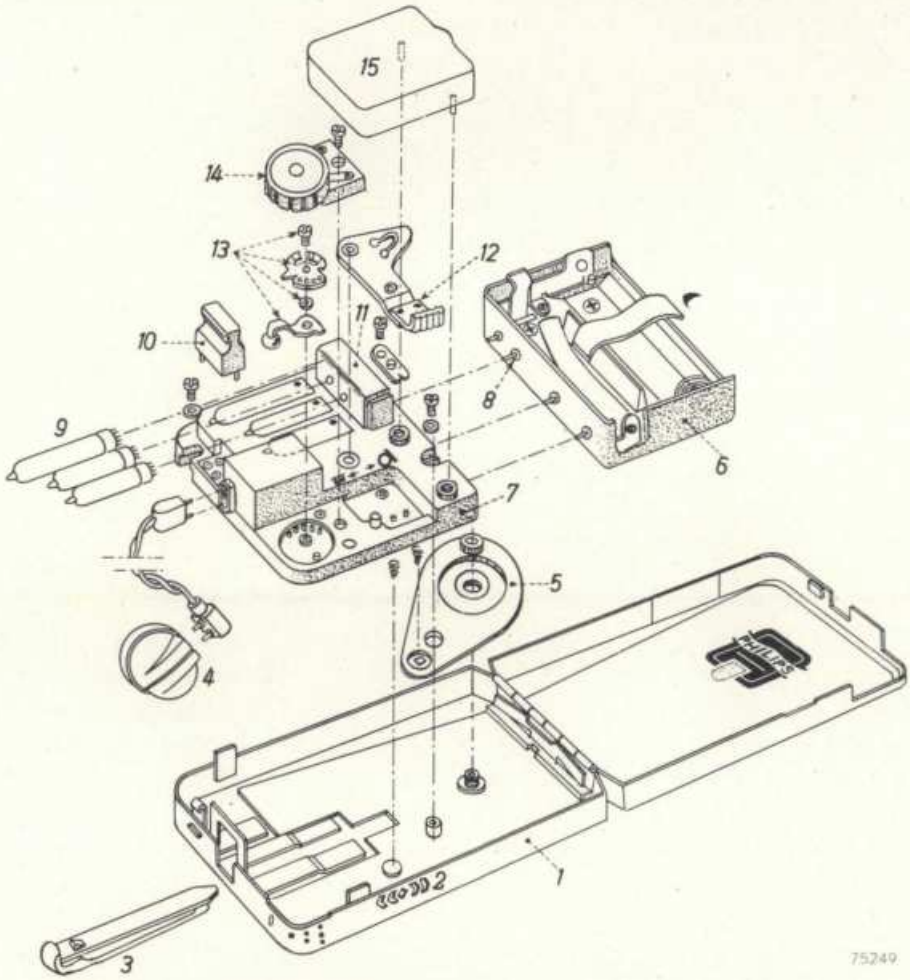


Fig. 13. "Exploded view" van het Philips hoortoestel. De voornaamste onderdelen zijn door cijfers aangegeven: *1* huis met microfoonopeningen *2* en klem *3* ter bevestiging aan de kleding; *4* telefoon met aansluitsnoer; *5* luisterspoel; *6* batterijhouder; *7* blok van gepolymeriseerde polyesterhars, waarin de electrische onderdelen zijn ingegoten; *8* aansluitspennen waardoor de delen van het toestel met elkaar electrisch en mechanisch worden verbonden; *9* buizen; *10* contactstop; *11* buishouder; *12* schakelaar om van microfoon op luisterspoel over te gaan; *13* toonschakelaar; *14* sterkteregelaar; *15* microfoon in afschermende bus.

spreekt voor zich zelf. De versterker is verdeeld in stukken (eenheden) die door contactpennen electrisch en mechanisch zijn verbonden. De batterijen vormen met elkaar een dergelijke eenheid, en ook alle weerstanden en condensatoren. Microfoon, toonregelaar, enz. vormen op zichzelf eenheden, zij zijn ook met contactpennen en -veertjes met de rest van de schakeling verbonden. Op deze

Zowel op de exploded view als op de foto zijn geen losse weerstanden enz. te zien. Dit komt doordat de eenheid waarin deze onderdelen zijn opgenomen, op een zeer speciale wijze is geconstrueerd. De bedoelde onderdelen, dwz. alle weerstanden en condensatoren en tevens de uitgangstranfsormator, zijn op een hardpapieren plaat gerangschikt (*fig. 15*). De verbindingen zijn aan de achterzijde van de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

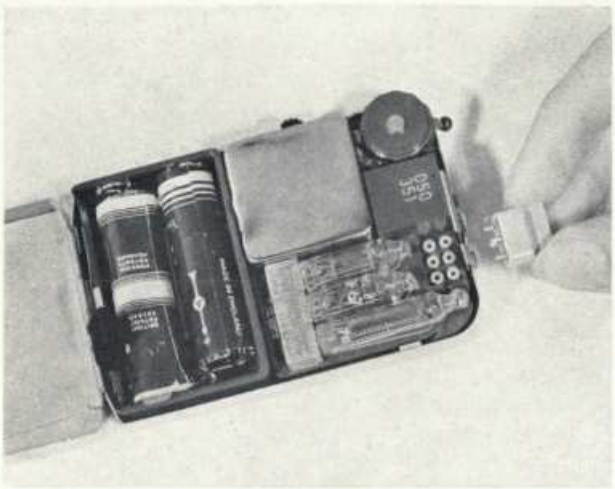


Fig. 14. Het inwendige van het Philips hoortoestel. Van de onderdelen zijn slechts zichtbaar de, afgeschermde, microfoon, de sterkteregelaar, de buizen en hun houder, de contactstop en de batterijen.

plaat gelegd. Soldeerverbindingen worden in het toestel vrijwel niet aangetroffen, nagenoeg alle verbindingen zijn electrisch gelast. Dit is gedaan om overmatige temperatuurverhoging van de vlak tegen elkaar gelegen onderdelen tijdens de montage te vermijden. De gehele eenheid wordt vervolgens tot een massief blok opgevuld door haar vol te gieten met polyesterhars [5]), die ten slotte wordt gepolymeriseerd. Het zo gevormde blok is in fig. 13 met 7 aangeduid. De polyesterhars heeft uitstekende isolerende, vochtwerende en mechanische eigenschappen, ongeveer analoog aan polystyreen, en dringt door haar lage oppervlaktespanning overal tussen.

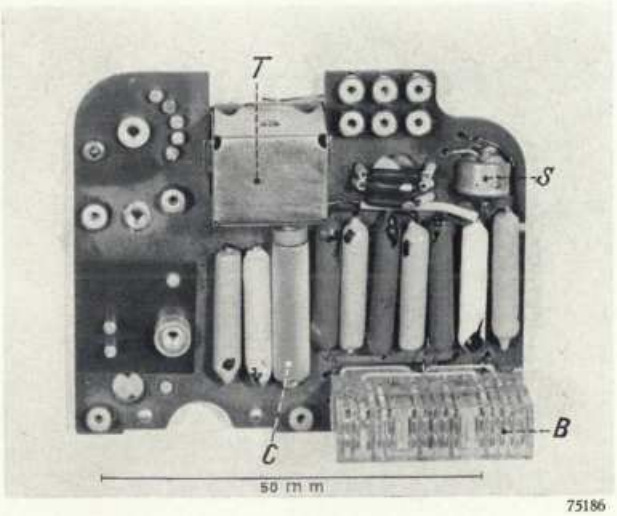


Fig. 15. Montage van de electrische onderdelen op een hardpapieren plaat. Later zal het geheel in polyesterhars worden ingegoten. *T* afgeschermde uitgangstransformator, *C* electrolytische condensator, *B* buishouder, *S* seleniumcel.

[5]) Zie bijv. J. P. Mudde, Polyestergietharsen, Plastica **6**, 12-15, 1953 (No. 1).

Het „microklimaat" waarin een hoortoestel gebruikt wordt, is wel zeer verschillend van dat voor de meeste andere electronische apparatuur. Het toestel wordt namelijk gedragen in de borstzak of vrijwel direct op het lichaam. In het laatste geval kan een vochtigheidstoestand van 100% relatieve vochtigheid benaderd worden. De temperatuuur is in beide gebruiksmethodes zeer verschillend. Bij het op het lichaam dragen dient men nog de eventuele inwerking van de huidafscheidingsproducten in aanmerking te nemen. Dit alles wordt nog geaccentueerd in een tropisch klimaat. Bij de constructie is daarom rekening gehouden met temperatuurverschillen van 0 tot 45 °C en relatieve vochtigheden van 0 tot 100%. Aan de temperatuureisen wordt voldaan door elk onderdeel op speciale wijze te construeren, op deze constructie komen wij hieronder terug. De gevoeligheid voor vocht is tegengegaan door het ingieten van de daarvoor in aanmerking komende onderdelen in de polyesterhars. Door oordeelkundige keuze van de samenstelling van de hars is de polymerisatietemperatuur op 35 °C gelegd, wat enerzijds aan de electrische onderdelen geen schade veroorzaakt, anderzijds slechts kleine krimpspanningen (door afkoeling) teweegbrengt. Om de krimp nog verder te verminderen, en de mechanische sterkte op te voeren, is een hoeveelheid poedervormig keramisch materiaal („Kersima" [6])) aan het mengsel toegevoegd. Door de grote mechanische stevigheid, die de polyesterhars na polymerisatie dan heeft, is een verankering van de ingegoten onderdelen, bedrading, enz. verkregen. Zodoende wordt tevens voldaan aan de eis van schokvastheid van het toestel. Het hoortoestel behoort nl. tot de categorie toestellen welke in tegenstelling met bijv. radioapparaten voortdurend aan schokken en trillingen zijn blootgesteld. De eis van schokvastheid is daarom geen overbodige luxe.

De miniatuuronderdelen

De kleine afmetingen van de nieuwe hoortoestellen zijn verkregen door een zeer compacte samenbouw van onderdelen. Normale onderdelen blijken niet te kunnen worden gebruikt dan ten koste van veel te veel ruimte. Vandaar dat voor het Philips hoortoestel een geheel nieuwe serie onderdelen is ontwikkeld, met zeer geringe afmetingen, doch met goede electrische eigenschappen. De toepassing van deze onderdelen is niet tot de hoortoestellen beperkt; in de vele andere gebieden der electrotechniek waar de eis van geringe afmetingen een rol speelt, bestaat voor deze onderdelen een gunstige toepassingsmogelijkheid. Wij zullen nu tot besluit van dit artikel de voornaamste onderdelen de revue laten passeren.

Allereerst de buizen (*fig. 16*). Dit zijn, uiteraard, batterijbuisjes, en wel van het subminiatuurtype. De eerste en tweede buis zijn van het type DF 67, de eindbuis is van het type DL 67, alleen in het kleinste hoorapparaat is een DL 66 toegepast. Zij zijn gemonteerd in een buishouder van een speciale constructie.

[6]) Zie voor een beschrijving van enkele soorten „Kersima": R. A. IJdens, Keramische bereidingswijzen en producten, Philips techn. T. **10**, 215-223, 1948; E. J. W. Verwey en R. D. Bügel, Keramische materialen met een hoge diëlectriciteitsconstante, Philips techn. T. **10**, 232-239, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De koppelweerstanden tussen de drie versterktrappen zijn koolweerstanden met de uiterst kleine afmetingen $7 \times 1^1/_2$ mm, die een vermogen van $^1/_{50}$ watt kunnen opnemen (*fig. 17*). Zij bestaan uit keramische buisjes, waarop een suspensie van grafiet is aangebracht. Door variëren van de suspensieeigenschappen kan men weerstanden tussen 1000 Ω en 15 MΩ realiseren. De koppelcondensatoren, waar-

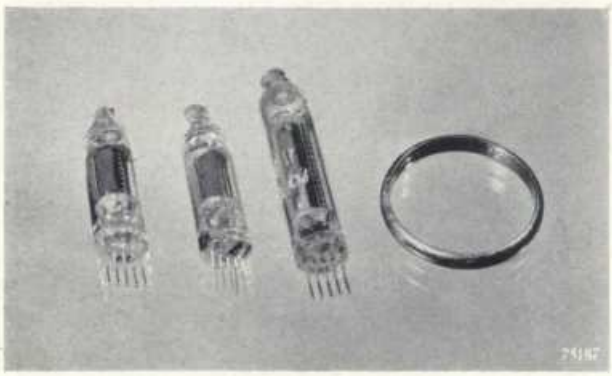


Fig. 16. De drie versterkbuisjes, met ter vergelijking een trouwring. Geheel rechts ligt de eindbuis DL 67.

van er eveneens een in fig. 17 is afgebeeld, zijn ook uit „Kersima" buisjes vervaardigd, en wel van een soort „Kersima" met zeer hoge diëlectriciteitsconstante, nl. 4000. Door gebruik van dit materiaal kunnen zeer kleine condensatoren worden verwezenlijkt, met capaciteiten tot 6400 pF. De afmetingen zijn $16 \times 3^1/_2$ mm. Een bijzonderheid is nog, dat de toevoerdraden van de condensator inwendig in het buisje zijn aangebracht. Zo wordt een condensator met gladde buitenwand mogelijk. Deze wand is met een goed isolerende laag bedekt, zodat de condensatoren tegen elkaar aanliggend gemonteerd kunnen worden.

Een electrolytische condensator (C_e in fig. 10) is parallel aan de anodebatterij geschakeld, waardoor genereren van het toestel wordt tegengegaan (ontkoppeling van de anodekringen). Genereren is een gevaar dat vooral optreedt bij het ouder worden van de batterijen, als hun inwendige weerstand toeneemt en daardoor de koppeling tussen de diverse anodekringen vaster wordt. Het gevolg van de aanwezigheid van de condensator is dat de patient zijn anodebatterij nu zeer ver kan uitputten. Een grens blijft natuurlijk gesteld door het dalen van het afgegeven vermogen. De in het hoortoestel gebruikte electrolytische condensator is zeer klein uitgevoerd, het is een aluminium cylindertje van 18×4 mm (fig. 17). De condensator kan uitgevoerd worden als een capaciteit van 2 µF bij 25 V, of als een capaciteit van 10 µF bij 2 V.

Als koppelingselement van de eindbuis met de telefoon is een transformator (ook in fig. 17 afgebeeld) ontwikkeld, welke de impedantieaanpassing van 100 000 Ω op 100 Ω bewerkstelligt. In het geval dat een kristaltelefoon toegepast wordt, is alleen de primaire wikkeling als koppelzelfinductie in gebruik. De vrij grote buisweerstand maakte het, om een goede aanpassing te verkrijgen, noodzakelijk in een klein bestek een grote zelfinductie onder te brengen, waarbij de aanwezigheid van een gelijkstroomcomponent van 200 µA de opgave nog verzwaart, daar deze de permeabiliteit van het materiaal van de kern verlaagt. De oplossing hiervoor werd gevonden in het gebruik van hoog gelegeerd transformatorblik en een groot aantal windingen van zeer dun draad (30 micron). Een rendement van 60% bij 1000 Hz is hiermee bereikt, dit is zeer hoog voor zulk een kleine transformator; het is van dezelfde orde als het rendement van uitgangstransformatoren van normaal formaat, zoals die gebruikt worden in radiotoestellen.

De transformator is, zoals reeds beschreven, gezamenlijk met de andere onderdelen in polyesterhars ingegoten. Zo volledig dringt de hars overal tussenin, dat de tropenvastheid ook van dit onderdeel volledig is gewaarborgd. De transformator is met een metalen afschermdoos omgeven.

De versterking wordt met de hand geregeld door een potentiometer (*fig. 18*) tussen de eerste en de tweede buis. Dit onderdeel heeft een draaibaar element; de mechanische eisen, aan een dergelijk onderdeel gesteld, zijn vrij zwaar. Voortdurend wordt door de gebruiker hiermede het geluidsniveau geregeld, waardoor een levensduureis van 20 000 × heen en weer draaien noodzakelijk is. Een robuuste

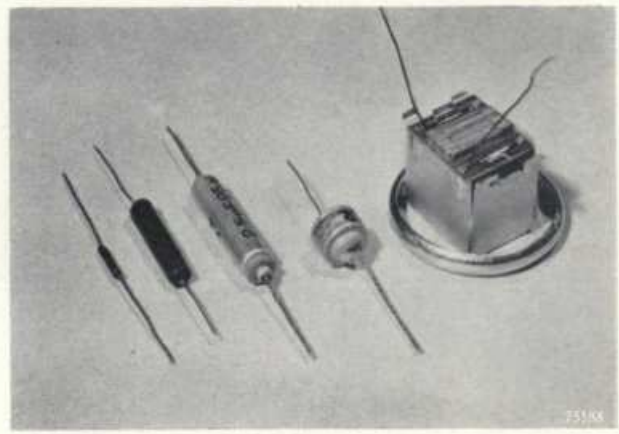


Fig. 17. Van links naar rechts: miniatuurkoolweerstand, keramische miniatuurcondensator, electrolytische condensator, seleniumcel en miniatuurlaagfrequentietransformator. Van de laatste is de afschermmantel gedeeltelijk weggenomen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

aslagering is hiervoor nodig, evenals kleine toleranties van de andere delen. Door verbetering van de koollaag en het bewegend koolcontact kon kraken en ruisen, zelfs tot weerstandswaarden van 5 MΩ toe, vrijwel volledig worden onderdrukt. De versterking tussen de potentiometer en de eindbuis is

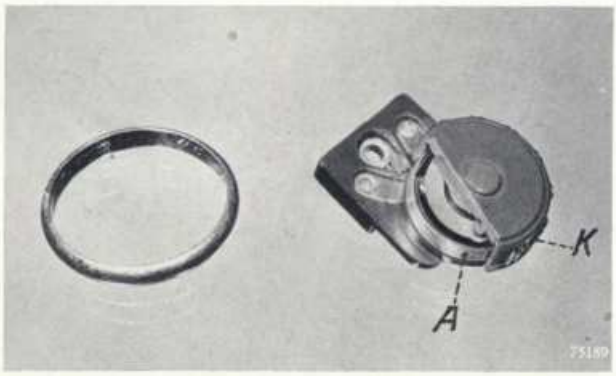


Fig. 18. De sterkteregelaar, een potentiometer met inwendige afscherming. De draaibare kap *K* is gedeeltelijk weggenomen om de inwendige afscherming *A* te laten zien.

circa 400×, waardoor ook aandacht moet worden geschonken aan de mogelijkheid van het induceren in de roosterkring van de tweede buis van bromspanningen of wisselspanningen uit de eindbuis. Deze kunnen nl. via de lichaamscapaciteit, door de vinger die de knop bedient, de potentiometer bereiken. De potentiometer in het hoortoestel is dan ook van een inwendige afschermmantel voorzien. Men zou door plaatsing van de potentiometer tussen de tweede en de derde buis deze afschermmantel kunnen vermijden, doch dit zou bij grote ingangssignalen kunnen leiden tot overbelasting van de tweede buis.

De afmetingen van het hoortoestel worden voor een groot gedeelte bepaald door de batterijen. Er zijn twee batterijen nodig: een gloeistroombatterij van $1^1/_2$ volt, en een anodebatterij van $22^1/_2$ volt. Dankzij het gebruik van de subminiatuurbuisjes heeft men zeer weinig vermogen nodig (40 mW van de gloeistroombatterij, 5 mW van de anodebatterij). Hierdoor kunnen de batterijen al heel wat in volume gereduceerd worden, terwijl toch een behoorlijke levensduur gegarandeerd is (voor de gloeistroombatterij ca. 20 uur, voor de anodebatterij ca. 250 uur). Om het compromis tussen afmeting en levensduur (d.i. ook economie) van de batterijen aan de patient in handen te geven, zijn van het nieuwe hoortoestel de reeds afgebeelde drie versies in de handel gebracht, die zich slechts van elkaar onderscheiden in de batterijhouders (het kleinste heeft bovendien geen luisterspoel en een zwakkere eindbuis). Zo bestaat dus de mogelijkheid zeer kleine batterijen te gebruiken en een dienovereenkomstig klein apparaat te bezitten, of grotere batterijen en een groter apparaat, waaarbij echter de lopende onkosten lager zijn.

Samenvatting. Defecten aan het gehoor komen in zeer veel verschillende vormen voor. Het gebruik van een electronisch hoortoestel kan in een des te groter aantal gevallen uitkomst bieden, naarmate zulk een toestel veelzijdiger aanpassingsmogelijkheden bezit. Deze eis van variabiliteit wordt nog versterkt doordat in de practijk gebleken is dat de aard van de doofheid niet in ondubbelzinnig verband is te brengen met de gewenste eigenschappen van het hoortoestel in elk speciaal geval. Aan de variabiliteit is in de nieuwe Philips hoortoestellenserie o.a. tegemoet gekomen door de aanwezigheid van een automatische sterkteregeling met zeven verschillende regelniveaus, waaruit keuze kan worden gemaakt door het uitzoeken van een contactstopje. Bovendien bestaat de mogelijkheid tot gebruik van zeven verschillende telefoons, waarvan vijf magnetische en twee kristaltelefoons. Hierdoor, en door de aanwezigheid van een toonschakelaar met drie standen, is het mogelijk 21 verschillende frequentiekarakteristieken te realiseren. Het is mogelijk van de microfoon over te schakelen op een luisterspoel, waardoor o.a. het telefoneren wordt vergemakkelijkt. Bij de constructie van de nieuwe hoortoestellen is gestreefd naar een zo goed mogelijke verwisselbaarheid van alle onderdelen, waardoor reparaties eenvoudig worden en zonder soldeerbout kunnen geschieden. De electrische onderdelen zijn alle speciaal voor het hoortoestel ontwikkelde miniatuuronderdelen. Alle weerstanden, condensatoren en de uitgangstransformator zijn met elkaar ingegoten in een blok polyesterhars, waardoor een grote mechanische stevigheid, een goede tropenvastheid en een geringe vochtgevoeligheid worden bereikt. Bij de constructie van alle onderdelen is speciaal gelet op lange levensduur en betrouwbare werking. De serie bestaat uit drie toestellen, die zich voornamelijk van elkaar onderscheiden in de capaciteit van de batterijen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN TELEVISIEPROJECTOR VOOR GEBRUIK IN ZALEN

door J. HAANTJES en C. J. van LOON. 621.397.62:535.88

De stap van televisie-in-de-huiskamer naar televisie-in-de-bioscoop betekent dat men met de lineaire afmetingen van het beeld ongeveer een factor 10 omhoog moet. Technisch is dit probleem opgelost, getuige bijv. de onderstaande beschrijving van de grote projector die bij Philips is ontwikkeld. Prototypes van dit toestel worden reeds sinds enige jaren aan bezoekers van het Natuurkundig Laboratorium en van de ELA-studio (een demonstratiezaal voor het registreren en weergeven van geluid en voor filmprojectie) te Eindhoven gedemonstreerd, en sinds enige tijd wordt de projector ook gefabriceerd.

De bovengenoemde auteurs spreken mede uit naam van talrijke medewerkers.

In sommige landen heeft de televisie een grote vlucht genomen, in de eerste plaats in de Verenigde Staten, waar het aantal ontvangtoestellen wordt geschat op 20 millioen, en verder in Groot-Brittannië met omstreeks 2 millioen toestellen. Ongetwijfeld zullen andere landen in deze ontwikkeling volgen, zodat ook daar de televisie een belangrijke taak op amusementsgebied te vervullen zal krijgen.

Er is nu geen technische reden meer aan te wijzen waarom de televisie beperkt zou blijven tot een vermaak in de huiskamer. Het feit dat men tegenwoordig beelden kan maken van enige meters breed, geeft aan het toepassingsgebied van de televisie een aanzienlijke uitbreiding. Wij noemen in de eerste plaats de bioscoop. In Amerika bestaan reeds een aantal theaters die televisie kunnen vertonen [1]). Of dit aantal zich snel zal uitbreiden en of ook elders bioscopen met televisie zullen worden uitgerust, zijn vragen waarvan het antwoord in de eerste plaats afhangt van niet-technische kwesties; deze willen wij hier niet aan de orde stellen.

Een geheel andere toepassing doet zich voor bij gebeurtenissen die plaats vinden in een ruimte waarin, om welke reden dan ook, geen publiek kan worden toegelaten en die men toch voor een groot aantal toeschouwers zichtbaar wil maken. Men bedient zich dan van een televisiecamera die rechtstreeks (in zg. „closed circuit") is aangesloten op een grootbeeldprojector. Een sprekend voorbeeld van een geval waarin deze methode met één slag vele moeilijkheden oplost, treft men aan in academische ziekenhuizen. De medische studenten kunnen dan op het televisiescherm in een collegezaal het verloop van een operatie volgen als stonden zij naast de chirurg. Reeds in 1949 heeft Philips dit systeem in de Universiteit te Leiden gedemonstreerd [2]).

[1]) Volgens een recente schatting is dit aantal toegenomen van één in 1949 tot ruim 75 in 1952, verdeeld over 37 steden. Zie N. L. Halpern, Theater television progress, J. Soc. Mot. Pict. Telev. Engrs. **59**, 140-143, Aug. 1952.

[2]) Philips techn. T. **11**, 90, 1949.

Richten we de aandacht weer op het televisietoestel voor de huiskamer en gaan we na, welke ontwikkeling de beeldgrootte de laatste jaren heeft doorgemaakt, dan vinden we het volgende. In 1948 had het scherm van de grootste weergeefbuis een middellijn van 30 cm, doch er was een sterk verlangen naar grotere beelden. Zoals men ook op andere gebieden (de auto-industrie bijv.) kan constateren, heeft de techniek in Europa niet volgens dezelfde methodes als in Amerika getracht aan de behoefte te voldoen. In dit laatste land hebben tegenwoordig de weergeefbuizen een schermmiddellijn van ongeveer 50 cm bij het meest courante, en van 75 cm bij het grootste type. In Europa is men met „direct zicht" nog niet zo ver gegaan; hier heeft de grootste buis die thans normaal verkrijgbaar is, een diameter van 43 cm. Daarnaast echter heeft in Europa het projectiesysteem zich een plaats weten te veroveren. Bij dit systeem gebruikt men een kleine weergeefbuis; het zeer lichtsterke beeldje dat daarop verschijnt, wordt langs optische weg vergroot tot een beeld van flinke afmetingen. Reeds in 1948 was dit systeem door Philips tot een hoge graad van ontwikkeling gebracht [3]).

Voor de huiskamerontvanger bestaan dus beide systemen naast elkaar en men kan er over redetwisten, welk van de twee het op den duur zal winnen. Anders is het evenwel indien men televisie voor een groot publiek wenst te vertonen. Het beeld moet daartoe verscheidene meters breed zijn, en dan is projectie een zeer voor de hand liggende methode, al moesten er nog ettelijke problemen worden opgelost alvorens bevredigende resultaten werden verkregen.

[3]) Zie de artikelenreeks „Een televisie-ontvanger met geprojecteerd beeld", Philips techn. T. **10**, 1948:

I. P. M. van Alphen en H. Rinia, De projectie-optiek (blz. 97-106),
II. J. de Gier, De kathodestraalbuis (blz. 129-136),
III. G. J. Siezen en F. Kerkhof, De apparatuur voor het opwekken van 25 kV anodespanning (blz. 157-166),
IV. J. Haantjes en F. Kerkhof, De apparatuur voor het afbuigen van de electronenbundel (blz. 307-317),
V. J. Haantjes en F. Kerkhof, De synchronisatie (blz. 364-370).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De bij Philips ontwikkelde projector voor gebruik in zalen, de Mammouth (type EL 5750), levert een beeld van 4 m × 3 m, en bevat, evenals de huiskamerontvanger met geprojecteerd beeld, een betrekkelijk kleine weergeefbuis en een projectieoptiek met zeer grote openingsverhouding.

De voornaamste moeilijkheid bij een dergelijk systeem is, hoe men een voldoende hoeveelheid licht verkrijgt. Wij zullen daarom beginnen met het beschouwen van deze kwestie.

Vereiste lichtstroom

Ten einde te komen tot een schatting van de lichtstroom die de weergeefbuis moet kunnen opbrengen om bij projectie in een verduisterde zaal bevredigende resultaten te geven, kunnen we het best uitgaan van de omstandigheden die aanwezig zijn in de bioscoop.

Een filmprojector met draaiende vlinder, doch zonder film, wordt geacht de normale helderheid (luminantie) op het doek te geven indien deze 34 nit bedraagt [4]). Om te vinden wat de luminantie wordt wanneer een film wordt gedraaid, moeten we het genoemde getal vermenigvuldigen met de doorlatingscoëfficient van de film. Deze coëfficient bedraagt in de meest transparante gedeelten zelden meer dan 0,5 [5]). Een televisiebeeld met een grootste luminantie van 17 nt kan dus in dit opzicht gelijkwaardig met een bioscoopbeeld worden geacht.

De oppervlakte van het projectiescherm, uitgedrukt in m², noemen we S. Indien dit scherm volkomen volgens de wet van Lambert reflecteerde, dwz. indien het scherm het erop vallende licht volgens een cosinuswet verstrooide over een ruimtehoek van 2π steradialen, zou er, om het een luminantie van 17 nt te geven, een lichtstroom van $17\,\pi S$ lumen op moeten vallen.

In plaats van met topwaarden rekenen we liever met gemiddelde waarden, daar deze gemakkelijker kunnen worden gemeten. De gemiddelde luminantie kan worden gesteld op ongeveer 30% van de maximale, zodat de gemiddelde lichtstroom $0{,}3 \times 17\pi\, S$ lumen moet bedragen.

Men kan met aanmerkelijk minder toe indien men gebruik maakt van een scherm dat selectief reflecteert, dwz. een scherm dat in richtingen loodrecht op zijn vlak meer, en in zijdelingse richtingen minder terugkaatst dan volgens de wet van Lambert het geval zou zijn. Al te ver mag men hiermee niet gaan, daar dan de ruimtehoek waarbinnen men zich moet bevinden om het beeld helder genoeg te zien, te klein zou worden.

Volgens onze ervaring is de gunstigste selectiviteit die waarbij in de richting loodrecht op het scherm een winstfactor 3 wordt verkregen. Bij gebruik van zulk een scherm kan men dus volstaan met een erop vallende lichtstroom van $\frac{1}{3} \times 0{,}3 \times 17\,\pi\, S \approx 5S$ lumen.

Deze lichtstroom is maar een gedeelte van de lichtstroom die de weergeefbuis moet opleveren, want in het optische systeem dat voor de projectie nodig is, gaat een deel verloren. Zelfs bij een systeem met een zeer grote openingsverhouding, zoals de straks te bespreken optiek van Schmidt, komt ten hoogste slechts een 30% van het geproduceerde licht op het projectiescherm terecht. De weergeefbuis moet dan dus een lichtstroom van $5S/0{,}30 \approx 17S$ lumen kunnen opleveren.

De weergeefbuis

De weergeefbuis die in de Mammouth projector wordt gebruikt, is de buis type MW 13-16 (*fig. 1*). Ze heeft een venster met een nuttige middellijn van 12 cm en werkt op een spanning van 50 kV. De bundelstroom mag een topwaarde van 2 mA bereiken, bij een gemiddelde waarde van max. 0,5 mA. Het gemiddelde vermogen dat aan het fluorescentiescherm wordt toegevoerd, bedraagt dus max. 25 W. Het venster van de buis wordt door een luchtstroom gekoeld om springen te voorkomen.

Het fluorescentiescherm bestaat uit silicaten die elk voor zich in een verschillende kleur fluoresceren, maar gemengd zijn in een zodanige verhouding dat het resulterende licht de indruk van wit maakt (kleurtemperatuur 6500 °K). Bij de buis MW 13-16 is aan de binnenzijde van het fluorescentiescherm een laag aluminium („metal backing") aangebracht, die het achterwaarts uitgestraalde fluorescentielicht terugkaatst, zodat het niet verloren gaat [6]). In combinatie met deze schermspiegel heeft het gebruikte silicatenmengsel een rendement van 2,5 candela per watt, zodat de weergeefbuis MW 13-16 een gemiddelde lichtstroom kan leveren van $2{,}5 \times 25 \times \pi \approx 200$ lumen. Volgens de globale berekening van de vorige paragraaf was voor een scherm met oppervlakte S een lichtstroom van $17\,S$ lumen nodig. De buis MW 13-16 levert derhalve voldoende licht voor een scherm van $200/17 \approx 12$ m² = 4 m × 3 m.

---

[4]) De Commission Internationale de l'Eclairage beveelt het gebruik van de term luminantie aan in de plaats van helderheid, en als eenheden van luminantie de nit en de stilb (afgekort nt resp. sb): 1 nt = 10^4 sb = 1 candela per m² = 1 lumen per m² per steradiaal. Het verband met de nog veel gebruikte eenheden apostilb en footlambert is als volgt: 1 nt = π apostilb = 0,292 footlambert. Dus 34 nt = 107 apostilb = 10 footlambert.

[5]) A. Cazalas, Ann. Télécomm. **5**, 298-306, 1950.

[6]) Zie het in noot [3]) aangehaalde artikel II, in het bijzonder blz. 133-135, en Philips techn. T. **14**, 378-387, 1952 (No. 12), fig. 9 en bijbehorende tekst.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

In de heldere gedeelten van het beeld overschrijdt de bundelstroom tijdelijk de gemiddelde waarde van 0,5 mA. De buis komt dan te werken in een gebied waar de fluorescentie bij toenemende stroom verzadiging vertoont [7]), dwz. de lichtopbrengst stijgt minder dan evenredig met de stroom. Bij de topwaarde van de stroom (2 mA) is de lichtstroom 600 lm.

Het optische systeem

Het optische systeem moet het beeldje dat op de weergeefbuis ontstaat, sterk vergroot afbeelden op het projectiescherm — in het onderhavige geval met een lineaire vergroting van ongeveer 40×. Voornamelijk de volgende punten vragen bij het ontwerpen van de optiek de aandacht:

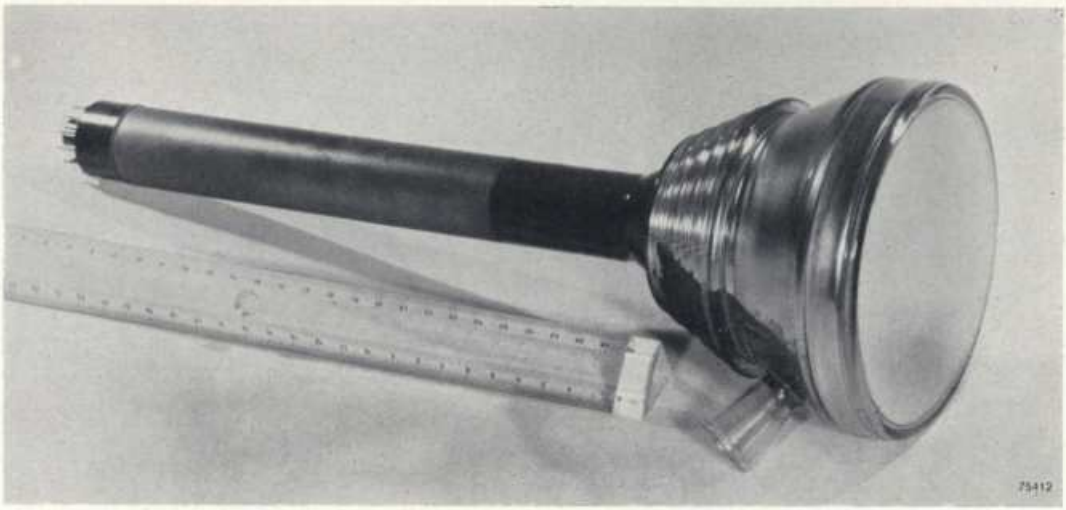


Fig. 1. Weergeefbuis type MW 13-16 voor het projecteren van grote televisiebeelden. Venstermiddellijn 12 cm. Rechts beneden de hoogspanningsaansluiting (50 kV). Het glazen tuitje en de ribbels op het conische gedeelte van de ballon dienen tot verlenging van de weg voor kruipstromen.

De focussering moet voldoen aan zeer hoge eisen, wat duidelijk zal zijn als men zich realiseert dat het beeld op het buisvenster maar 72 mm × 96 mm groot is. Het afbuigen van de bundel gaat gepaard met enige defocussering, maar niettemin moet ook aan de randen van het beeld de lichtstip zeer fijn blijven. Men kan trachten de afbuigingsdefocussering te compenseren door de focusseerstroom op een bepaalde wijze met de afbuigstromen mee te laten variëren (focussering en afbuiging geschieden beide electromagnetisch). Verkieselijk echter heeft het ons geleken, de oorzaken van de fout zo goed mogelijk op te heffen. De fout is in de eerste plaats afhankelijk van de ruimtelijke verdeling van de afbuigvelden; vandaar dat veel aandacht is besteed aan het ontwerpen van afbuigspoelen die een zo gunstig mogelijke veldverdeling leveren. In de tweede plaats wordt de afbuigingsdefocussering kleiner naarmate de electronenbundel, daar waar de afbuigvelden werkzaam zijn, slanker is. De bundel is dus zo slank mogelijk gemaakt.

Op deze wijze is het gelukt, de defocussering klein genoeg te houden zonder gebruik te moeten maken van compensatie.

[7]) A. Bril en F. A. Kröger, Philips techn. T. **12**, 122-130, 1950.

1) Van het licht dat de weergeefbuis uitzendt, moet een zo groot mogelijk gedeelte door de optiek worden opgevangen.
2) De kwaliteit van de afbeelding moet zodanig zijn dat een televisiebeeld van 625 lijnen niet merkbaar in detail en contrast achteruitgaat.
3) De afmetingen van spiegels en correctieplaten moeten zo klein mogelijk worden gehouden, daar de prijs van deze onderdelen zeer sterk met de grootte stijgt.

Spiegeloptiek

De optiek waarmee het beste aan deze eisen is te voldoen, is de optiek van Schmidt. Deze is al herhaaldelijk in dit tijdschrift ter sprake gekomen [8])[9]). Ze bestaat uit een sferische holle spiegel en een asferische correctieplaat, die is opgesteld in het krommingsmiddelpunt van de spiegel (*fig. 2*).

Het gebruik van een spiegel in plaats van een lens als voornaamste onderdeel heeft de grote voordelen dat een spiegel vrij is van chromatische aberratie, en, in vergelijking met een optisch gelijk-

[8]) H. Rinia en P. M. van Alphen, De vervaardiging van correctieplaten voor Schmidt-optieken, Philips techn. T. **9**, 349-356, 1947.
[9]) Zie het in noot [8]) aangehaalde artikel I.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

waardige lens, een geringere sferische aberratie vertoont en veel minder kostbaar is. Afbeeldingsfouten zoals coma en astigmatisme worden vermeden door ter hoogte van het krommingsmiddelpunt een diafragma te plaatsen [10]).

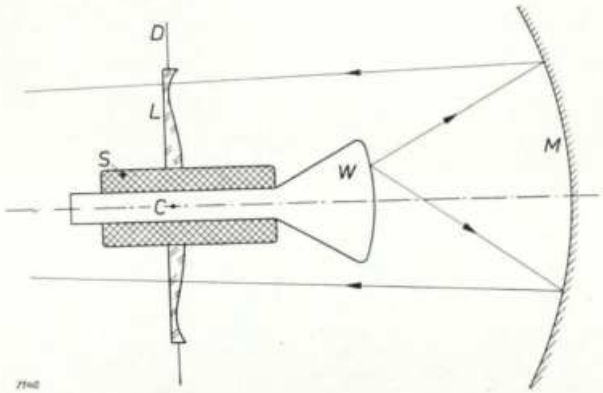


Fig. 2. Doorsnede van de optiek (schematisch). *W* weergeefbuis, met focusseer- en afbuigspoelen *S*. *M* sferische spiegel. *L* correctieplaat van Schmidt. *D* diafragma. Het vlak van *D* en *L* gaat door het krommingsmiddelpunt *C* van de spiegel.

De enige afbeeldingsfouten van de derde orde die dan nog overblijven, zijn de sferische aberratie en de beeldveldkromming. De eerste fout wordt opgeheven door het diafragma te voorzien van de reeds vermelde correctieplaat, de tweede door het lichtgevende voorwerp — i.c. het venster van de weergeefbuis — een bolvormig oppervlak te geven, met een kromtestraal gelijk aan de brandpuntsafstand van het stelsel, en het vrijwel concentrisch te plaatsen ten opzichte van de spiegel.

Aldus kan men optische systemen maken die een zeer grote openingsverhouding hebben, relatief weinig kostbaar zijn en op een plat vlak een afbeelding leveren die nog slechts behept is met fouten van de vijfde en hogere orden en met de (onmerkbaar kleine) chromatische aberratie van de correctieplaat.

Lichtvangvermogen

Wij zullen nu nagaan hoe groot het lichtvangvermogen is, d.i. de lichtstroom die de optiek binnentreedt, in verhouding tot de lichtstroom die door het voorwerp — in ons geval het scherm van de weergeefbuis — wordt uitgezonden. Daartoe willen we voorlopig ervan afzien dat in de optiek door absorptie, onvolkomen reflectie en onderschepping licht verloren gaat; met andere woorden: wij nemen voorlopig aan dat de uittredende lichtstroom even groot is als de binnentredende.

Wij maken nu gebruik van de bekende wet van Abbe, die zegt dat men, door een verliesvrij optisch systeem naar een lichtgevend voorwerp kijkend, de opening van de optiek ziet met een luminantie gelijk aan die van het voorwerp.

Noemen we de luminantie van het beeld op de weergeefbuis L en de verlichtingssterkte op het projectiescherm E; is verder D de middellijn van de correctieplaat en d de afstand van de correctieplaat tot het projectiescherm, dan volgt uit de genoemde wet:

$$E = \frac{\frac{\pi}{4} D^2}{d^2} L.$$

De totale lichtstroom op het scherm (oppervlakte S_2) is derhalve:

$$E S_2 = \frac{\frac{\pi}{4} D^2}{d^2} L S_2. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Volgens eenvoudige wetten van de geometrische optica bestaat tussen d, de brandpuntsafstand f en de lineaire vergroting M de volgende betrekking:

$$d = (M-1)f, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

terwijl

$$S_2 = M^2 S_1, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

als S_1 de oppervlakte van het beeld op de weergeefbuis is. Substitueert men (2) en (3) in (1), dan komt er:

$$E S_2 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D}{f}\right)^2 \left(\frac{M}{M-1}\right)^2 L S_1,$$

waarvoor in ons geval, waarin $M \gg 1$ is, mag worden geschreven:

$$E S_2 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D}{f}\right)^2 L S_1. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

We zien dat van de twee op de optiek betrekking hebbende parameters die we hadden ingevoerd, namelijk D en f, alleen hun verhouding, de openingsverhouding D/f, in verg. (4) voorkomt. Uit deze vergelijking blijkt dat we, om zoveel mogelijk licht uit de optiek te krijgen, D/f zo groot mogelijk moeten maken. De afbeeldingskwaliteit echter stelt aan D/f een bovenste grens; deze ligt, volgens onze ervaring, bij ongeveer 1,4.

Een andere gevolgtrekking die we uit (4) kunnen maken, is deze: daar de lichtstroom die uit de weergeefbuis komt, $\pi L S_1$ is, bedraagt de fractie hiervan die in de optiek terechtkomt (het lichtvangvermogen dus), $\frac{1}{4}(D/f)^2$. Voor $D/f = 1{,}4$ wordt het lichtvangvermogen 0,5. (Zoals in het in noot [3]) aangehaalde artikel I is uiteengezet, is het lichtvangvermogen gelijk aan het kwadraat van de numerieke apertuur, welke hier dus 0,7 bedraagt.)

[10]) Zie bijv. W. de Groot, Optische fouten bij afbeelding door lenzen en spiegels, Philips techn. T. **9**, 301-308, 1947.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

In werkelijkheid is de optiek niet verliesvrij, maar gaat er licht verloren: de spiegel heeft een reflectiecoëfficient van ongeveer 0,85, de weergeefbuis onderschept een gedeelte van het teruggekaatste licht en de correctieplaat reflecteert een weinig. Een en ander heeft tot gevolg dat de lichtstroom die uit de optiek treedt, niet meer dan 30% bedraagt van de door de weergeefbuis geproduceerde lichtstroom — een waarde die we in de vorige paragraaf al hebben gebruikt.

Een deel van het verloren gegane licht treedt als verstrooid licht uit de optiek en is schadelijk wegens vermindering van het contrast. Lichtverstrooiing moet dus zoveel mogelijk worden tegengegaan, door, zoals gebruikelijk is, de wanden van het optische stelsel aan de binnenzijde dofzwart te maken.

Dimensionnering van de optiek

Om te voorkomen dat de holle spiegel de nuttige lichtkegel begrenst, moet men de rand van de spiegel een middellijn geven van ten minste $2f$. We hebben al gezien dat de middellijn D van de correctieplaat ongeveer 1,4 f moet zijn.

De hoofdafmetingen van de optiek zijn dus evenredig met de brandpuntsafstand f. Om tot een compacte installatie te komen, zal men derhalve f zo klein mogelijk kiezen. Men kan echter f niet willekeurig klein nemen, daar dan de beeldhoek zo groot zou worden dat de kwaliteit van de afbeelding er te veel onder zou lijden. Dit gevaar dreigt vooral aan de randen, waar de afbeeldingsfouten van de vijfde en hogere orden zich in hoofdzaak doen gelden. Bij een optiek van Schmidt ligt een practische onderste grens bij $f = 1{,}7$ maal de grootste afmeting van het voorwerp, in ons geval dus 1,7 maal de middellijn van het fluorescentiescherm van de weergeefbuis.

Deze middellijn heeft zelf een onderste grens, in verband met het feit dat het beeld uit een bepaald aantal lijnen bestaat. Indien men de schermmiddellijn — waaruit de hoogte van het fluorescentiebeeld onmiddellijk volgt — te klein maakte, zou men op een of meer van de volgende bezwaren stuiten:

1) Ook al bij veel kleinere stroom door de buis dan de maximale zou dan de stroomdichtheid in de lichtstip zo groot worden dat de fluorescentie verzadiging zou vertonen.

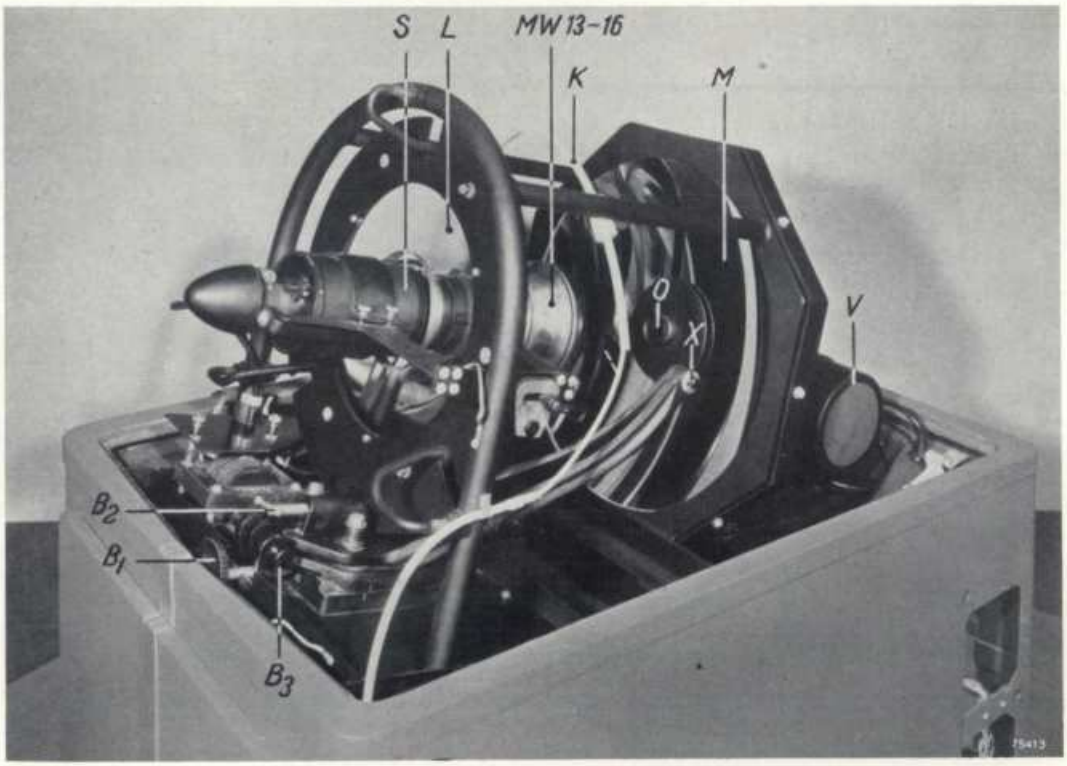


Fig. 3. Optiek van de Mammouth projector (kap afgenomen). S focusseer- en afbuigspoelen van de weergeefbuis MW 13-16. V motor van een ventilator, die zich achter de holle spiegel M bevindt en door een opening O koellucht tegen het venster van de buis blaast. B_1 hoofdinstelknop, waarmee de afstand van het buisvenster tot de spiegel kan worden gevarieerd. Na het inzetten van een nieuwe buis moet men bovendien de as van de buis doen samenvallen met de hoofdas van de spiegel. Daartoe is het samenstel van buis en correctieplaat draaibaar om twee assen, en wel door middel van de knop B_2 om een horizontale as (X is een der draaipunten) en door middel van de knop B_3 om een ongeveer verticale as. K hoogspanningskabel. L correctieplaat.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

2) Om te voorkomen dat het toegevoerde vermogen van 25 W het scherm zo hoog zou verhitten dat het rendement van de fluorescentie ernstig zou achteruitgaan [11]), of dat het glas gevaar zou lopen te springen, zou men niet meer met een eenvoudige koeling kunnen volstaan.
3) Bij de gegeven stroom en spanning van de buis zou een lichtstip van voldoend kleine afmetingen niet meer te realiseren zijn.

Deze overwegingen hebben geleid tot de reeds vermelde waarde van 12 cm voor de diameter van het fluorescentiescherm.

Bij een beelddiagonaal van 5 m op het projectiescherm is de vergroting $M = 500/12 \approx 40 \times$. Uit (2) volgt dat de afstand d van de optiek tot het scherm dan ongeveer 8 m moet zijn. Maken de omstandigheden een grotere afstand noodzakelijk, dan moet men het systeem een grotere brandpuntsafstand geven. De beeldkwaliteit lijdt daar niet onder, maar de apparatuur wordt er groter en kostbaarder door, zonder dat men in luminantie van het geprojecteerde beeld ook maar enige winst behaalt, zoals uit (4) blijkt. (De apparatuur is overigens, zoals uit het vervolg zal blijken, zo geconstrueerd dat de behoefte aan een grotere projectieafstand zich niet licht zal voordoen.)

De correctieplaat

Een optiek van Schmidt met een bepaalde correctieplaat geeft alleen een goede afbeelding bij een vergroting die niet meer dan circa 10% van de nominale waarde afwijkt. Voor een andere vergroting moet men dus een andere correctieplaat gebruiken. Bij de Mammouth projector kunnen verschillende correctieplaten worden geleverd, voor vergrotingen naar wens. Deze platen bestaan uit „Perspex"; ze worden vervaardigd door afdraaien op een speciale draaibank.

De optiek van de projector vindt men afgebeeld in *fig. 3*, waarvan het onderschrift een aantal bijzonderheden vermeldt. Het verwisselen van de weergeefbuis geschiedt met enkele eenvoudige handgrepen; door middel van enige instelknoppen kan vervolgens de buis in de gunstigste stand ten opzichte van de holle spiegel worden geplaatst (het buisvenster moet nagenoeg concentrisch staan met de spiegel, en de lengteas van de buis moet samenvallen met de hoofdas van de spiegel). Het verwisselen en instellen is een werk van een paar minuten. De correctieplaat is in de fabriek eens voor al goed opgesteld ten opzichte van de spiegel.

[11]) A. Bril en H. A. Klasens, Philips techn. T. **14**, 378-388, 1952 (No. 12).

Het opwekken van 50 kV gelijkspanning

In dit tijdschrift zijn al een aantal systemen besproken welke in aanmerking komen voor het opwekken van de hoge gelijkspanning die voor weergeefbuizen nodig is [12]). In het bijzonder werd daarbij ingegaan op het systeem dat voor het projecteren van grote televisiebeelden is ontwikkeld en dat in de Mammouth projector wordt toegepast. In het kort komt dit systeem hierop neer: Een buisoscillator, werkend op een frequentie tussen 20 en 25 kHz, levert een wisselspanning, die door een cascadeschakeling van gelijkrichtbuizen en condensatoren wordt omgezet in een hoge gelijkspanning. De gloeidraden van de gelijkrichtbuizen worden door de oscillator met hoogfrequente stroom gevoed. Een regelinrichting zorgt ervoor dat bij variatie van nullast tot volle belasting de gelijkspanning zo goed als constant blijft; bij grotere belasting neemt de spanning sterk af, zodat bij kortsluiting de stroom nauwe-

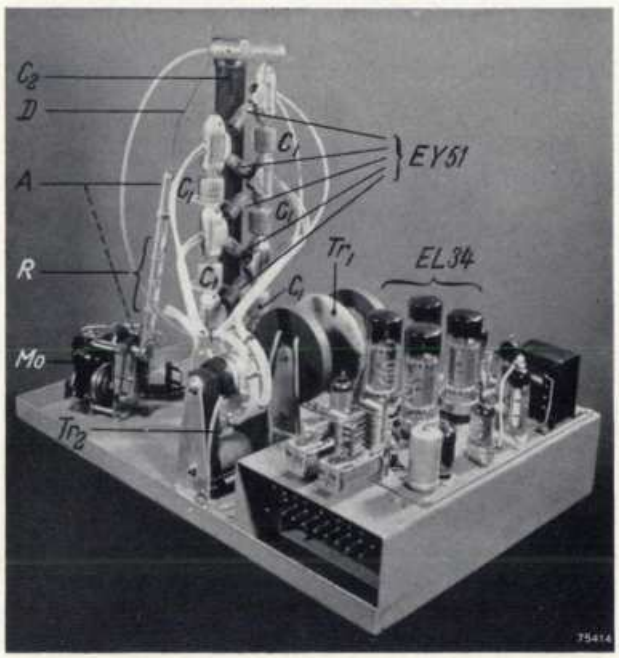


Fig. 4. Gestabiliseerde generator voor 50 kV, gemiddelde stroom 0,5 mA, van de Mammouth projector. Op de voorgrond chassis met oscillator, regelaar en beveiligingsrelais. Tot de oscillator (frequentie 20-25 kHz) behoren de vier buizen EL 34 en de transformator Tr_1. De oscillatorspanning wordt gelijkgericht door een cascadeschakeling van zes ventielen EY 51 en zes condensatoren C_1 (slechts vijf trappen zijn op de foto zichtbaar). Tussen de uitgangsklemmen is een buffercondensator C_2 geschakeld. De ventielen krijgen gloeistroom van een transformator Tr_2, die door de oscillator wordt gevoed. Tr_1 en Tr_2 hebben elk een kern van Ferroxcube.

A is een isolerende arm, waaraan een reeks weerstanden *R* en een contactdraad *D* zijn bevestigd. Als men de generator uitschakelt, komt de arm in de afgebeelde stand te staan, waarin *D* contact maakt met de hoogspanningszijde van C_2. De condensatoren ontladen zich dan over de weerstanden *R*, zodat alle gevaarlijke spanningen verdwijnen. Bij het inschakelen draait een motortje *Mo* de arm in de gestippelde stand, waarin het contact *D*-C_2 is verbroken.

[12]) J. J. P. Valeton, Philips techn. T. **14**, 1-13, 1952 (No. 1).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

lijks groter is dan bij volle belasting. In afwijking van de in het artikel [12]) beschreven methode, wordt in het onderhavige geval de regelspanning verkregen als het verschil van twee gelijkspanningen; de ene is evenredig met de oscillatorspanning, de andere is een referentiespanning, constant gehouden door een stabiliseerbuis.

Wanneer door een defect in de regelaar de afgegeven gelijkspanning of gelijkstroom een bepaalde waarde overschrijdt, zorgt een beveiligingsinrichting ervoor dat de generator wordt uitgeschakeld.

De hoogspanningsgelijkrichter van de projector vormt een afzonderlijke eenheid, die in *fig. 4* is afgebeeld. Voor bijzonderheden wordt verwezen naar het onderschrift.

Constructie

Bij het ontwerpen van de Mammouth projector is gestreefd naar een gemakkelijk te bedienen compact geheel, waarin men alle onderdelen bij elkaar heeft. Dit heeft geleid tot een constructie die bestaat uit een „romp" met twee „vleugels" (*fig. 5* en *fig. 6*), waartussen de operateur kan plaatsnemen.

Zoals boven werd besproken, moet bij 40-voudige vergroting de afstand van projector tot scherm 8 m bedragen. Dit is tevens de kleinste afstand waarop de toeschouwers zich van het scherm mogen bevinden als men wil voorkomen dat zij de beeldlijnen op hinderlijke wijze gescheiden zien; voor deze minimale afstand geldt namelijk de vuistregel dat hij tweemaal de beeldbreedte is (althans bij 625 lijnen; voor een ander aantal lijnen geldt een omgekeerd evenredige afstand). De voorste rij toeschouwers kan men dus aan weerszijden van of onmiddellijk achter de projector plaatsen. De meeste toeschouwers zullen zich derhalve achter de projector bevinden, evenals de operateur. Om deze reden moest de projector zo laag worden gehouden dat hij voor niemand het zicht op het scherm belemmert. Aan deze voorwaarde is ruimschoots voldaan, daar de grootste hoogte slechts 1,15 m bedraagt. De in beslag genomen vloeroppervlakte is niet meer dan 1,35 m × 1,65 m (*fig. 7*).

Het bovenste gedeelte van de romp bevat, zoals fig. 3 al liet zien, de weergeefbuis en de optiek. Daaronder zijn geplaatst de hoogspanningsgenerator (fig. 4) en een gestabiliseerde voedingsgelijkrichter voor lagere spanningen. Aan de achterzijde, dus onder het onmiddellijke bereik van de operateur, bevindt zich een paneel (fig. 6) met een netschakelaar, twee drukknoppen voor het in- en uitschakelen van de hoogspanningsgenerator, een meter (met verlichte schaal) voor de buisstroom, en enige signaallampjes.

Fig. 5. De Mammouth projector (type EL 5750) opgesteld in een zaal, vóór de voorste rij toeschouwers. De plaats voor de operateur is achter de „romp", tussen de beide „vleugels". Het toestel is zo laag dat publiek en operateur vrij zicht op het projectiescherm hebben.

In de linkervleugel (fig. 6) zijn ondergebracht een televisieontvanger en een versterker voor het geluid, de laatste met een uitgangsvermogen van 25 W. De operateur kan het geluid en het beeld zoals die door de ontvanger worden geleverd, controleren met behulp van een luidsprekertje resp. een kleine weergeefbuis, die beide in de linkervleugel zijn aangebracht.

De rechtervleugel bevat een videoversterker en zaagtandstroomgeneratoren voor de projectiebuis. Een tweede kleine weergeefbuis wordt door dezelfde videoversterker en zaagtandgeneratoren bediend. De operateur schakelt de projectiebuis pas in nadat hij heeft geconstateerd dat het beeld op de kleine buis geheel in orde is, in het bijzonder wat de synchronisatie betreft. Aldus wordt het publiek de aanblik van verwarde, niet gesynchroniseerde „beelden" bespaard.

De beide contrôlebuizen zijn van het type MW 6-2, dat normaal bestemd is voor gebruik als projectiebuis in huiskamerontvangers [13]). Hier echter wordt het gebruikt als directzichtbuis, waarbij is volstaan met een spanning van 9 kV.

De video- en de audiofrequentieversterker kun-

[13]) Zie het in noot [3]) aangehaalde artikel II.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

nen, in plaats van uit de ontvanger, ook via een kabel worden gevoed uit een televisiecamera resp. een microfoon („closed circuit"). Voor het uitsturen zijn nodig een videosignaal van 1,5 V over 75 ohm en een audiosignaal van 0,8 V over 500 ohm (beide spanningen „van top tot top").

Het spreekt van zelf dat de nodige maatregelen zijn genomen om te voorkomen dat onder spanning staande delen kunnen worden aangeraakt. Zo is bijv. over de opening waardoor het licht uittreedt, een kooi aangebracht (fig. 5), waar men de hand niet doorheen kan steken. Bij een storing in een van de zaagtandstroomgeneratoren wordt de straalstroom van de projectiebuis onderdrukt, om te voorkomen dat het fluorescentiescherm zou worden beschadigd.

De installatie is met weinig moeite te verplaatsen, daar ze kan worden verrold. Met het oog op het transport is de constructie zo uitgevoerd dat de vleugels gemakkelijk van de romp kunnen worden losgenomen; de electrische verbindingen komen

Fig. 6. De projector van achteren gezien. In de linkervleugel bevinden zich een televisie-ontvanger en een audiofrequentieversterker (25 W), in de rechtervleugel de zaagtand-stroomgeneratoren voor de horizontale resp. verticale afbuiging en een videoversterker, en in de romp de projectiebuis, de optiek, de hoogspanningsgenerator en hulpapparatuur. De meter wijst de bundelstroom in de projectiebuis aan.

L contrôleluidspreker. W_1 en W_2 kleine weergeefbuizen (type MW 6-2) ter contrôle van het beeld aan de uitgang van resp. de ontvanger en de videoversterker.

Op de antenne, het projectiescherm en de luidsprekers na, is de afgebeelde apparatuur compleet.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

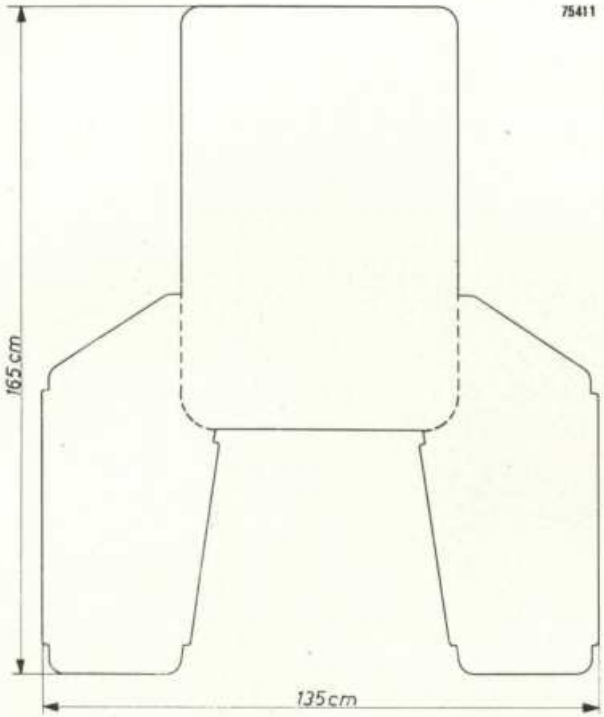


Fig. 7. Plattegrond van de projector, met maten in cm. Ter vergemakkelijking van het transport kunnen de vleugels van de romp worden losgemaakt (zie de stippellijnen).

namelijk tot stand via stekers en stopcontacten of contrastekers, de mechanische door middel van bouten en vleugelmoeren. Na het losnemen kan ook elk van de drie onderdelen afzonderlijk worden verrold.

Uit deze beschrijving zal het duidelijk zijn dat de in fig. 5 en 6 afgebeelde installatie alle vereiste onderdelen bevat (uiteraard op de antenne, het projectiescherm en de luidsprekers na), dit in tegenstelling tot andere uitvoeringen.

Samenvatting. Beschrijving van een televisieprojector (Mammouth, type EL 5750) waarmee op een scherm een beeld van 4 m × 3 m kan worden geprojecteerd met een helderheid (luminantie) overeenkomstig die van een bioscoopbeeld (topwaarde 17 nit). De projector bevat een weergeefbuis (type MW 13-16), die een venster van 12 cm middellijn heeft en werkt op een spanning van 50 kV, en een optiek van Schmidt (holle spiegel en correctieplaat). Op het fluorescentiescherm van de buis wordt een vermogen van 25 W gedissipeerd; het venster wordt met een luchtstroom gekoeld. Alle onderdelen — o.a. een televisieontvanger, een video- en een audiofrequentieversterker en de hoogspanningsgenerator — zijn verenigd in één installatie, die door één operateur wordt bediend. Het toestel bevindt zich op ongeveer 8 m van het projectiescherm, vóór de toeschouwers; het neemt een vloeroppervlakte van 1,35 m × 1,65 m in beslag en is 1,15 m hoog. De operateur heeft alle bedieningsknoppen onder zijn bereik en kan door middel van twee kleine weergeefbuizen en een luidsprekertje, die in het toestel zijn aangebracht, beeld en geluid controleren.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

LINEAIRE ELECTRONENVERSNELLER VOOR 15 MILLIOEN ELECTRONVOLT TIJDENS DE BOUW

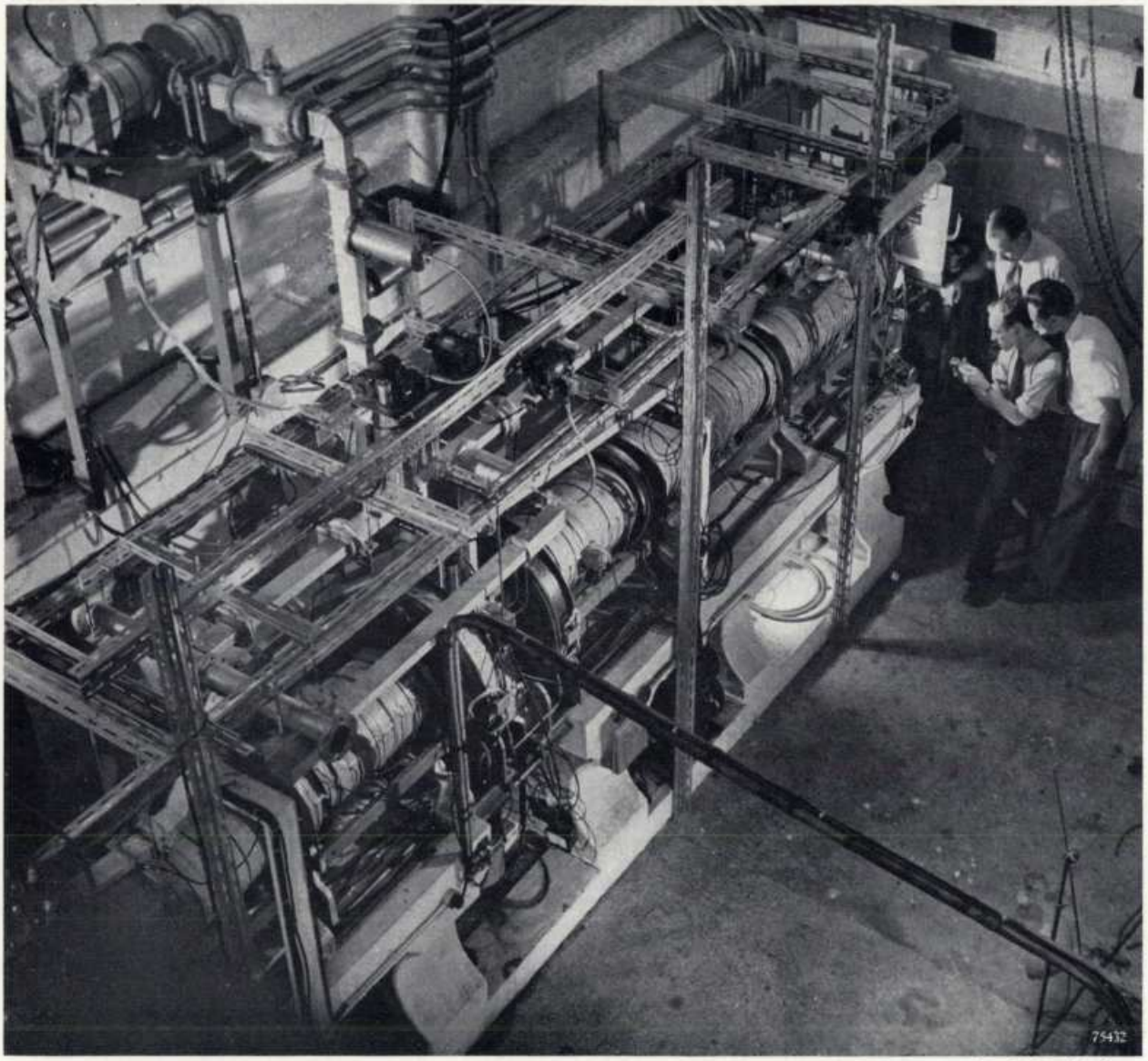


Foto Walter Nürnberg

Een der eerstvolgende nummers van dit tijdschrift zal grotendeels worden gewijd aan een beschrijving van deze electronenversneller, die door een afdeling van Mullard Research Laboratories, Salfords, Engeland, onder leiding van C. F. Bareford en M. G. Kelliher werd ontworpen en gebouwd. Het betreft hier een apparatuur, besteld voor het Engelse Atomic Energy Research Establishment te Harwell; zij werd in Augustus 1952 afgeleverd, na enige maanden in Salfords te zijn beproefd. De foto toont de ruim 6 meter lange versneller tijdens de proefmontage in een speciaal voor dit doel gebouwde betonnen kelder van M.R.L. De 10 cm-golven in de versneller, die de energie aan de geïnjecteerde deeltjes leveren, worden opgewekt door een magnetron, dat men nog juist in de linker bovenhoek ziet.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN STALEN WEERGEEFBUIS VOOR TELEVISIE-ONTVANGST

door J. de GIER, Th. HAGENBERG, J. A. M. SMELT en O. L. van STEENIS,

met een inleiding door J. G. W. MULDER. 621.385.832:621.397.62

Een mijlpaal in de ontwikkeling van steeds grotere weergeefbuizen voor directzichtontvangst was de buis die enige jaren geleden in Amerika, en onlangs ook in Europa, op de markt is gekomen, namelijk de buis met een conisch gedeelte van metaal. Een der talrijke voordelen hiervan is dat het glazen venster dunner kan zijn, zodat men getrokken glas kan gebruiken; dit heeft een gelijkmatiger dikte, wat de beeldkwaliteit ten goede komt.

De eerste typen van deze nieuwe soort hadden een conus van chroomijzer, een vrij kostbaar materiaal. Het mag dan ook als een grote stap vooruit worden beschouwd dat het is gelukt, een glassoort uit te werken die aan staal kan worden gesmolten, en dat tevens het moeilijke corrosieprobleem dat zich hierbij voordoet, tot een goede oplossing is gebracht.

Een buistype met een conus van staal en een venster van het nieuwe glas komt nu in fabricage. De schrijvers bespreken de ontwikkeling van deze buis. Vooraf gaat een inleiding over de voorgeschiedenis van metalen ontladingsbuizen.

INLEIDING

Reeds vroeg heeft men de wens gekoesterd, de wand van diverse ontladingsbuizen voor een zo groot mogelijk gedeelte niet uit glas te doen bestaan doch uit metaal, en glas nog slechts daar te gebruiken waar het nodig is ter isolatie van de doorvoeringen. Van geval tot geval zijn er redenen voor deze wens op te geven: bij zendbuizen is het aantrekkelijk, de metalen wand tevens dienst te laten doen als anode, die dan door water of lucht intensief kan worden gekoeld; bij de in lucht werkende röntgenbuizen is een metalen wand niet alleen gunstig voor de koeling, maar hij levert bovendien een goede bescherming tegen ongewenste straling en, indien geaard, ook tegen het hoogspanningsgevaar; in gelijkrichters voor industriële doeleinden zijn metalen buizen meer op hun plaats dan grote, meer of minder kwetsbare, glazen buizen, enz. Ook bij weergeefbuizen voor televisie-ontvangst — althans bij de grote, voor direct zicht — heeft een metalen wand bijzondere voordelen, zoals uit het volgende zal blijken.

Om aan de bovengenoemde wens te kunnen voldoen, moet men in de eerste plaats beschikken over een metaal en een glassoort die vacuumdicht aan elkaar kunnen worden gelast; bovendien moet de las bestand zijn tegen de temperatuurwisselingen en de plaatselijke temperatuurverschillen die tijdens het werken van de buis kunnen voorkomen. Minder fundamentele, maar practisch toch zeer belangrijke eisen zijn dan nog dat het metaal niet al te moeilijk bewerkbaar moet zijn, dat het niet te kostbaar is, enz.

Voor vele gevallen heeft men bruikbare oplossingen gevonden. Volgens de methode van Housekeeper bijv. wordt, ondanks een zeker verschil in uitzettingscoëfficient tussen glas en metaal, een dichte las verkregen doordat een zeer ductiel metaal, zoals koper, wordt gebruikt, dat men bij de lasplaats zeer dun maakt. Het metaal kan dan, door mee te geven, zijn afmetingen aanpassen bij die van het glas. Hoewel deze las in mechanisch opzicht een zwakke plek vormt, wordt ze in sommige typen zendbuizen nog wel gebruikt.

Mechanisch sterker is de las van chroomijzer en loodglas — twee materialen die wat de uitzettingscoëfficient betreft zeer goed bij elkaar passen [1]). In talrijke door Philips gefabriceerde buizen wordt van chroomijzer gebruik gemaakt, hetzij alleen voor de doorvoerpennen, hetzij ook voor de buiswand zelf. Dit laatste is het geval bij verscheidene zendbuizen en in lucht werkende röntgenbuizen en bij sommige gelijkrichtbuizen en thyratrons (zie het laatste der in noot [1]) aangehaalde artikelen).

Tegen het gebruik van chroomijzer voor de wand bestaan enige bezwaren, namelijk de vrij slechte bewerkbaarheid en de kostbaarheid van dit materiaal. Dezelfde bezwaren gelden trouwens voor legeringen zoals fernico, dat een kleinere uitzettingscoëfficient heeft, die bij hardere glassoorten past. Gezien de aanhoudende vraag naar metalen buizen,

[1]) B. van der Pol Jr., Metalen zendtrioden van groot vermogen, Sterkstroom **1**, 265-266, 1923; A. Bouwers, Een nieuwe röntgenbuis, Physica **4**, 173-179, 1924 en Eine neue Röntgenröhre aus Metall, Fortschr. Röntgenstr. **32**, 2. Kongressheft, 41-43, 1924. Een overzicht vindt men in een artikel van H. J. Meerkamp van Embden, Verbindingen tussen metaal en glas, Philips techn. T. **2**, 307-313, 1937.

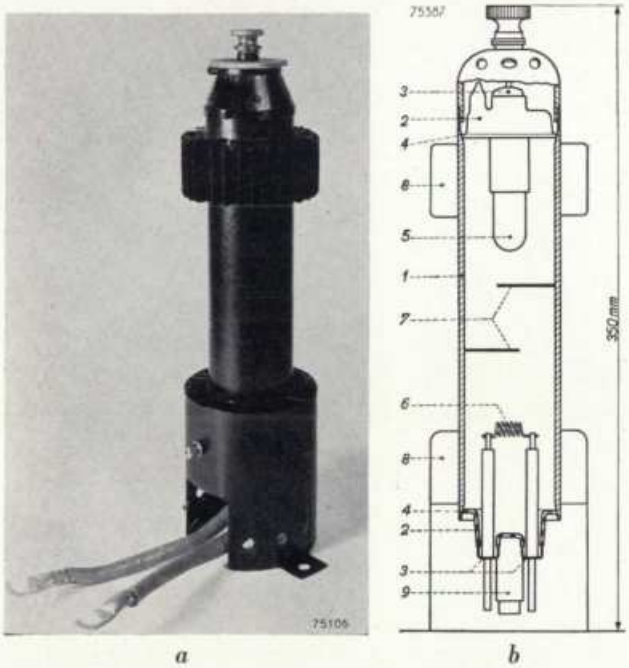
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

is ernaar gestreefd aan deze nadelen te ontkomen, en wel door te trachten als metaal een goedkope en goed bewerkbare staalsoort te gebruiken. Bij Philips zijn hiertoe twee wegen bewandeld. De ene weg heeft geleid tot een bepaalde constructie van de las, de andere tot een nieuwe glassoort, die in uitzettingscoëfficient bij staal past.

Druklas

Bij de eerste oplossing is ervan uitgegaan dat glas in het algemeen veel beter tegen druk dan tegen trek bestand is (de verhouding van de maximaal toelaatbare drukspanning tot de maximaal toelaatbare trekspanning kan wel 20 : 1 zijn) en dat juist trekspanning, bij ondoelmatige constructie, verantwoordelijk is voor het gevreesde springen. Op grond van deze overweging hebben wij in 1940-'41 een gelijkrichtbuis ontwikkeld [2]) (*fig. 1a*), waarbij ervoor is gezorgd dat onder normale omstandigheden het glas onder druk staat („druklas"). Om twee loodglazen persstukken heen (fig. 1*b*) is door krimpen een naadloze stalen pijp (normale mannesmannpijp) aangebracht, die als buiswand fungeert [3]). Bij kamertemperatuur staat het glas onder een flinke druk. Wordt de buis bij het werken warm, dan neemt deze druk weliswaar af, want de uitzettingscoëfficient van staal ($13{,}0 \cdot 10^{-6}$ per °C) is groter dan die van loodglas ($9{,}5 \cdot 10^{-6}$ per °C), doch men heeft een ruime speling voordat de temperatuur een waarde bereikt waarbij de drukspanning overgaat in trekspanning en de kans op sprong derhalve groot wordt.



a *b*

Fig. 1. *a*) Foto, *b*) doorsnede van een gelijkrichtbuis uit de jaren 1940-1941. De buiswand bestaat uit normale stalen mannesmannpijp *1* en twee brugjes *2* van geperst loodglas, met chroomijzeren doppen *3* voor de stroomdoorvoer. Bij de lassen *4* tussen staal en glas staat het glas onder druk. *5* anode, *6* direct verhitte oxydekathode, *7* schotten, die de stroomweg plaatselijk vernauwen en daardoor terugslag bemoeilijken, *8* koelribben, *9* kwikreservoir.

De buis bevatte kwikdamp en argon, en kon bij een spanning van enige honderden volts een gelijkgerichte stroom leveren met een gemiddelde waarde van 15 A en een topwaarde van 75 A.

[2]) Om redenen die hier niet ter zake doen is deze buis nooit op de markt gebracht.

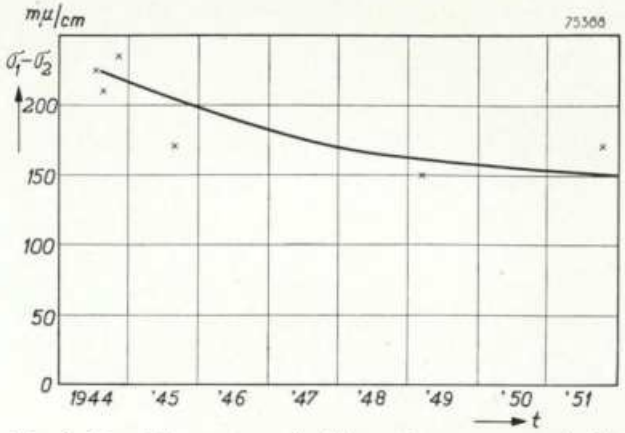


Fig. 2. Verschil van twee hoofdspanningen, $\sigma_1 - \sigma_2$, in het glas van een druklas, als functie van de tijd t gedurende enige jaren. $\sigma_1 - \sigma_2$ is uitgedrukt in mμ/cm, de eenheid die bij spanningsmetingen in glas gebruikelijk is (zie noot [11])).

Doordat het glas min of meer vloeit, ontspant het zich op den duur enigermate. Aan een reeks monsters van de beschreven druklas hebben wij het verloop van de drukspanning in de loop der jaren gevolgd. Het resultaat (*fig. 2*) toont aan dat bij onze constructie het behoud van drukspanning gedurende vele jaren is gewaarborgd.

„IJzerglas"

De andere weg die werd ingeslagen, was het zoeken naar een glassoort met ongeveer dezelfde uitzettingscoëfficient als vloeistaal. De Philips Glasfabriek te Eindhoven heeft zich met dit onderwerp uitvoerig beziggehouden. Dit heeft in 1938 geleid tot een nieuw soort glas (later nog door andere gevolgd), dat voldoet aan de eis van lasbaarheid aan ijzer en daarom „ijzerglas" wordt genoemd. Met dit glas en vloeistaal zijn in 1939 gelijkrichtbuizen geconstrueerd.

Gelijkrichtbuizen echter zijn tijdens het werken, of tijdens het warm worden en afkoelen, onderhevig aan grote plaatselijke temperatuurverschillen. In zulke gevallen is het niet voldoende dat glas en metaal ten naaste bij dezelfde uitzettingscoëfficient hebben, maar die coëfficient moet bovendien

[3]) Een werkwijze voor het tot stand brengen van een druklas tussen een stalen pijp en poederglas is beschreven in de Nederlandse octrooiaanvrage 102 638.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

vrij klein zijn; anders ontstaan allicht ontoelaatbaar grote spanningen op plaatsen waar hete en koude delen van de buis aan elkaar grenzen. Daarom moet bij gelijkricht- en andere zwaar belaste buizen de voorkeur gegeven worden aan de combinatie chroomijzer - loodglas (uitzettingscoëfficient $\alpha \approx 10{,}5 \cdot 10^{-6}$ respectievelijk $9{,}5 \cdot 10^{-6}$ per °C) of nog liever aan fernico en hard glas ($\alpha \approx 4{,}6 \cdot 10^{-6}$ per °C), boven de combinatie van staal en „ijzerglas" ($\alpha \approx 13{,}0 \cdot 10^{-6}$ respectievelijk $11{,}6 \cdot 10^{-6}$ per °C).

Anders staat de zaak bij weergeefbuizen, want daarbij treden geen noemenswaardige temperatuurverschillen op. *Fig. 3* is een foto van een in 1949 vervaardigde weergeefbuis, met een conus van vloeistaal en een venster van „ijzerglas".

Hoe de hiermee ingeleide ontwikkeling werd bekroond met het op de markt komen van een moderne stalen weergeefbuis met een diagonaal van 43 cm, wordt in het onderstaande artikel beschreven.

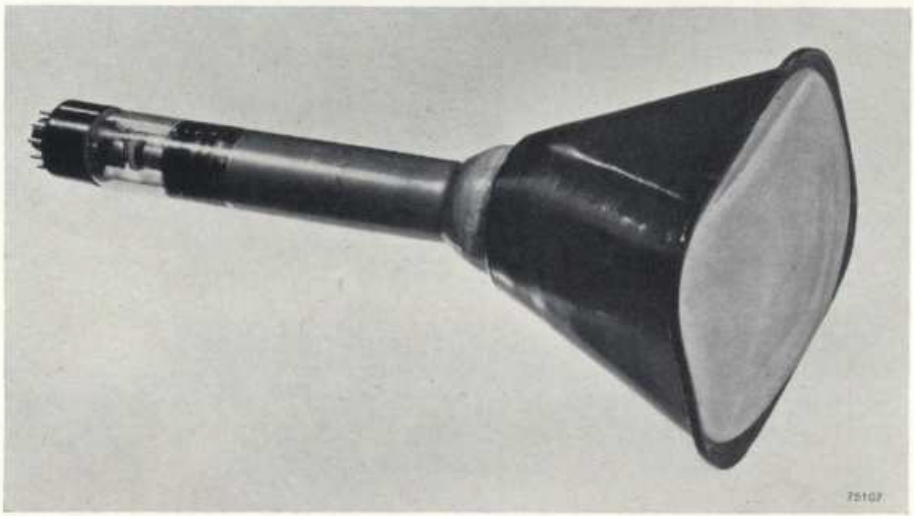


Fig. 3. In proeffabricage vervaardigde weergeefbuis uit het jaar 1949. Conus van vloeistaal, overige delen van de ballon van (loodhoudend) „ijzerglas". Diagonaal van het venster circa 15 cm.

Weergeefbuizen voor direct zicht

Bij de eerste televisieontvangers nam men genoegen met een beeld dat naar tegenwoordige begrippen klein van afmetingen was. In de jaren 1936-'39 had in Europa de standaardbuis een middellijn van ongeveer 22 cm; slechts in enkele luxetoestellen werd een buis van 31 cm gebruikt.

Na 1945 ontstond een sterke vraag naar grotere beelden. Deze zijn minder vermoeiend voor de ogen en verschaffen tevens de mogelijkheid, met een groter gezelschap naar het beeld te kijken. Terzelfdertijd is men overgegaan op buizen met een meer of minder rechthoekig venster (fig. 3); vooral bij grote buizen kan men door het rechthoekige formaat aanzienlijk besparen op de afmetingen van de kast.

Er zijn twee methodes om aan de vraag naar grotere beelden tegemoet te komen: de constructie van grotere buizen, en het gebruik van een optisch systeem dat het beeld verkregen op een kleine buis sterk vergroot op een scherm projecteert (projectieontvangst). Beide methodes worden bij Philips toegepast, doch in dit artikel beperken wij ons tot de eerste („direct zicht").

Bij het vergroten van de afmetingen van (glazen) weergeefbuizen nemen een aantal bezwaren hand over hand toe:

1) Om de ballon bestand te maken tegen de druk van de atmosfeer, moet men het buisvenster òf zeer dik maken òf het een sterke kromming geven. In beide gevallen wordt het beeld vervormd waargenomen, zodat de maximale bruikbare beeldafmetingen niet in evenredigheid met de middellijn (of de diagonaal) van het venster toenemen. Ook het beste compromis tussen dikte en kromming is over het algemeen weinig bevredigend.

2) Hoe groter de buis is, des te ernstiger kunnen de gevolgen zijn van een eventuele implosie, waartegen dan ook beveiligingsmaatregelen moeten worden genomen.

3) De kosten van de buis nemen snel met de afmetingen toe en vormen bij een middelmatig grote buis al een aanzienlijk deel der kosten van de gehele ontvanger.

Het is daarom een interessante ontwikkeling geweest toen in 1949 in Amerika een buis met 41 cm middellijn — wat volgens de toenmalige begrippen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

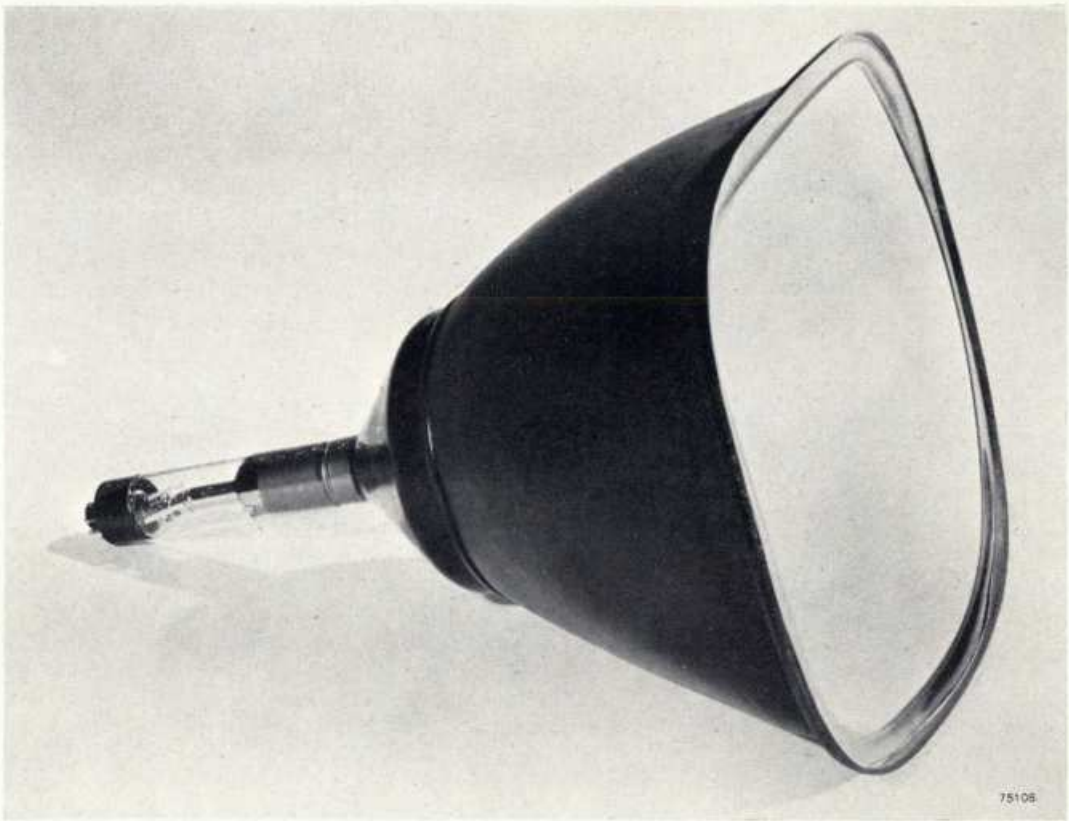


Fig. 4. Weergeefbuis type MW 43-43 met rechthoekig venster (diagonaal 43 cm) en metalen conus. In de loop van 1953 zal de fabricage overgaan van chroomijzer op staal als conusmateriaal.

zeer groot was — op de markt kwam die een conus van chroomijzer had. Philips fabriceert tegenwoordig een buis (type MW 43-43) met een rechthoekig venster (diagonaal 43 cm) en een conus van chroomijzer. Nog in de loop van dit jaar echter zal de fabricage overgaan op een uiterlijk gelijke buis met stalen conus. Deze laatste buis vormt het eigenlijke onderwerp van dit artikel en is afgebeeld in *fig. 4*.

Bijzondere eigenschappen van metalen weergeefbuizen

Naar we straks zullen zien, veroorlooft een metalen conus het gebruik van een ruit die vrij dun is (5,5 mm) en slechts weinig bol behoeft te worden doorgezet (kromtestraal circa 75 cm), ondanks de kracht van 1,3 ton, die de atmosfeer op het venster van 43 cm diagonaal uitoefent. Deze getallen steken gunstig af bij die van een geheel glazen buis van vergelijkbare afmetingen: daar is midden in het venster het glas 7,5 mm dik en de kromtestraal omstreeks 60 cm, en aan de rand is het glas nog veel dikker en sterker gekromd (*fig. 5*). Het weinig en gelijkmatig gekromde venster van de metalen buis kan volledig ten nutte worden gemaakt zonder dat men de hoeken van het beeld vervormd ziet.

Dat het venster van de metalen buis maar weinig gekromd is, heeft nog andere voordelen. Ten eerste levert het een (zij het ook kleine) besparing op de totale lengte van de buis, en daarmee op de vereiste diepte van de kast [4]). Een tweede voordeel is het volgende. De grote helderheid die met de tegenwoordige directzichtbuizen wordt verkregen, maakt

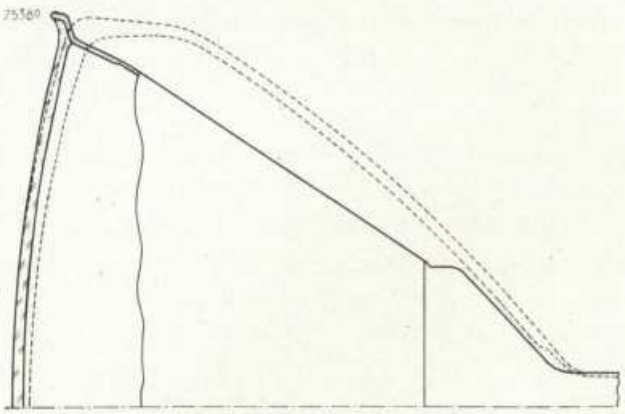


Fig. 5. Getrokken: de gedeeltelijk stalen ballon van de buis MW 43-43 in doorsnede. Gestippeld: doorsnede van een geheel glazen ballon met even groot venster. Bij de eerste is het venster minder gekromd, dunner en overal van gelijke dikte.

[4]) Dit punt is onlangs nog in dit tijdschrift ter sprake gekomen. Zie Philips techn. T. **15**, 11, 1953 (No. 1).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het overbodig, de kamer waarin men naar de televisie kijkt, geheel donker te houden; om verschillende redenen is dit zelfs ongewenst. Men zal dus, wanneer men 's avonds kijkt, in de regel een of meer lampen laten branden, doch dan ontstaat de kans dat de toeschouwers deze lichtbronnen hinderlijk weerkaatst zien op het buisvenster. In het geval van het bijna vlakke venster van een metalen weergeefbuis kost het weinig moeite, de lampen, de ontvanger en de toeschouwers zo ten opzichte van elkaar te plaatsen dat deze laatsten de reflecties niet meer zien.

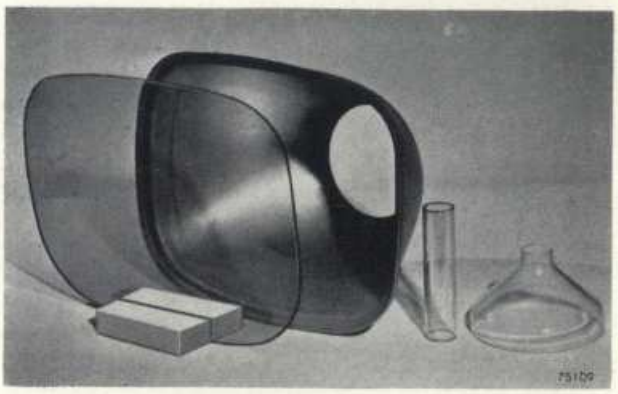


Fig. 6. Onderdelen van de ballon der weergeefbuis MW 43-43. Van links naar rechts: ruit van grijs loodvrij „ijzerglas", conus van gechromeerd staal, hals en koepel van loodhoudend „ijzerglas".

De bijzondere vorm die het venster van een glazen buis ter wille van de sterkte moet bezitten, wordt verkregen door persen. Nu zijn geperst glazen vensters voor deze grote buizen moeilijk geheel foutenvrij te fabriceren. Het oppervlak vertoont een zekere ruwheid, die de beeldscherpte benadeelt en alleen door polijsten kan worden verwijderd.

Bij metalen buizen vervalt dit bezwaar, doordat men ruiten kan gebruiken die zijn vervaardigd volgens een zelfde trekprocédé als gewoon vlak vensterglas en die een veel gladder oppervlak hebben dan ruiten van geperst glas.

Het oudste geheel automatische trekprocédé is dat van Fourcault. Daarbij ligt op het gesmolten glas een langwerpige vuurvaste steen, de „débiteuse", waarin zich een spleet bevindt. De débiteuse wordt omlaag gedrukt, ten gevolge waarvan het glas door de spleet heen omhoog wordt geperst. Bij het begin van het proces wordt het glas door een horizontale, omhoog bewogen, metalen staaf meegenomen. Het tot een vlakke plaat gestolde glas, dat generlei neiging tot insnoering vertoont, wordt verder continu tussen leirollen door omhoog getrokken en telkens op een bepaalde maat afgesneden.

Andere bekende methodes om glazen ruiten te trekken zijn het Libbey-Owens- en het Pittsburgh-procédé.

Uit de vlakke plaat worden ruiten van de gewenste vorm gesneden (*fig. 6*). Deze worden bolvormig doorgezet en vervolgens aan de metalen conus gesmolten. Naar we aanstonds zullen zien, gebeurt dit laatste op een zodanige wijze dat implosie van een gepompte ballon zelden of nooit voorkomt.

De stalen weergeefbuis

Bij de bovengenoemde buis met chroomijzeren conus was het chroomgehalte een belangrijk punt van overweging. Oorspronkelijk gebruikte men chroomijzer met 28% Cr. Chroom is echter een vrij duur metaal. Het maakt het chroomijzer dus kostbaar. Bovendien is het chroomijzer moeilijk homogeen van samenstelling te krijgen; plaatselijke fouten zijn talrijk en de uitval wordt betrekkelijk groot. Een derde bezwaar van chroomijzer met hoog Cr-gehalte is de hardheid, waardoor het minder geschikt is tot het ondergaan van de ingrijpende vormverandering van een vlakke plaat tot een diepe conus.

Zowel bij ons als elders is men daarom al spoedig overgegaan op materiaal met een aanzienlijk lager Cr-gehalte (18%). Men loopt daarbij gevaar, te komen in een gebied van legeringen waarin zich bij het aansmelten van het glas austeniet kan vormen, welke legeringen men daarom chroomstaal moet noemen. De uitzettingscoëfficient van dit austenitische chroomstaal is ontoelaatbaar groot. Het gevaar van austenietvorming kan men echter uitsluiten door een kleine hoeveelheid titanium of niobium toe te voegen. Op deze wijze ontstaat een betrouwbaar en redelijk goed bewerkbaar materiaal, dat op grote schaal voor de fabricage van metalen weergeefbuizen wordt gebruikt.

Al was dan door de verlaging van het chroomgehalte van 28 tot 18% een belangrijke kostenbesparing verkregen, toch is het chroomijzer met 18% Cr nog altijd aanzienlijk hoger in prijs dan gewoon vloeistaal en vele meer of minder speciale staalsoorten. Bovendien zijn de meeste staalsoorten zachter dan chroomijzer en vragen ze dus minder arbeid om uit een plaat tot een conus te worden verwerkt, zodat men met eenvoudiger werktuigen kan volstaan. Deze argumenten waren voldoende om de ontwikkelingsgang nog niet als afgesloten te beschouwen.

Wil men overgaan op staal, dan doen zich twee problemen voor:

1) Er moet een bij staal passend glas worden ontwikkeld.
2) Maatregelen zijn nodig om het staal te beschermen, zowel tegen chemische aantasting

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

door stoffen waarmee het gedurende de fabricage van de buis in aanraking komt, als tegen roesten op de lange duur. (Chroomijzer is tamelijk edel, waardoor bij dat materiaal de bescherming geen moeilijk vraagstuk is.)

De glas- en de beschermingskwestie zullen we nu achtereenvolgens bespreken.

Het glas

Het door ons destijds ontwikkelde „ijzerglas", waarvan in de Inleiding sprake was en waarvan gebruik is gemaakt bij de in fig. 3 afgebeelde buis, is voor vensters van weergeefbuizen om de volgende redenen minder geschikt:

1) Het heeft een vrij laag verwekingspunt, wat een beletsel vormt om de buis bij een voldoend hoge temperatuur te pompen.

2) Het is niet gemakkelijk volgens de vensterglastechniek te trekken.

3) Het bevat in aanzienlijke mate een vrij kostbaar materiaal, namelijk lood.

Deze moeilijkheden nu zijn overwonnen doordat in de Philips Glasfabriek te Eindhoven een nieuw „ijzerglas" is uitgewerkt, dat geheel vrij van lood is [5]). De voornaamste eigenschappen van het oude en het nieuwe „ijzerglas" zijn vermeld in de onderstaande *tabel*.

De samenstelling van het nieuwe glas is zo gekozen dat de uitzettingscoëfficient van het staal en die van dit glas in dezelfde verhouding staan als de uitzettingscoëfficient van chroomijzer en die van het daarbij behorende glas. Het implosiegevaar — waarop we aanstonds nog terugkomen — is daardoor even gering als bij chroomijzeren buizen. De uitzettingscoëfficient van het glas en die van het staal worden geregeld gecontroleerd door monsters van deze materialen volgens een bepaald voorschrift te smelten aan een standaardglas. De spanning aan het grensvlak, gemeten met behulp van gepolariseerd seerd licht en een compensator [6]), is een maat voor het verschil van de uitzettingscoëfficienten.

Uit de tabel zien we ook dat de temperaturen waarbij de viscositeit bepaalde (in de glastechniek steeds als basis van vergelijking gebruikte) waarden bereikt, voor het loodvrije glas 40 tot 50 °C hoger zijn dan voor het loodhoudende glas. Dit verschil is groot genoeg om goed pompen van de buizen mogelijk te maken.

Chemisch is het glas behoorlijk resistent. Het kan in dit opzicht op één lijn worden gesteld met het glas dat wordt gebruikt voor chroomijzeren weergeefbuizen.

Als de buis werkt, hebben het fluorescentiescherm en de conus een spanning van 12 tot 14 kV ten opzichte van aarde. De soortelijke weerstand van het glas is zo groot dat, ondanks deze hoge spanning aan de binnenzijde en rondom het venster, aan de buitenzijde geen merkbare spanning optreedt.

Door bepaalde toevoegingen kan het glas grijs worden gemaakt, dwz. in het gehele zichtbare spectrum gelijkmatig absorberend (zie fig. 6). Tegenover het lichtverlies dat deze absorptie meebrengt, staat het voordeel dat het beeld minder aan contrast verliest door van buiten komend licht. Dit is als volgt in te zien. Om het oog van de toeschouwer te bereiken, moet het van buiten af op het fluorescentiescherm vallende licht het venster tweemaal passeren, het fluorescentielicht slechts eenmaal. Naarmate het venster meer absorbeert, wordt het storende licht dus meer verzwakt dan het gewenste licht, dwz. het contrast wordt groter. Een gunstig compromis ligt bij 35% absorptie; het beeld is dan nog ruimschoots helder genoeg en ook in een verlichte kamer nog voldoende contrastrijk.

Tabel. Enige eigenschappen van een loodhoudend en een loodvrij „ijzerglas".

	Loodhoudend	Loodvrij
Uitzettingscoëfficient tussen 30 en 300 °C	$11{,}6 \cdot 10^{-6}$ per °C	$11{,}8 \cdot 10^{-6}$ per °C
Drukspanning ten opzichte van vloeistaal, in mμ/cm *)	350-400	350-400
Laagste ontspanningstemperatuur, in °C **)	400	450
Hoogste ontspanningstemperatuur, in °C ***)	425	470
Verwekingspunt, in °C °)	605	645
Temp. (°C) waarbij soort. electr. weerstand = $3{,}33 \cdot 10^6$ Ω cm °°)	370	355
Soort. electr. weerst. (in Ω cm), bij 50 °C bij 100 °C	$3 \cdot 10^{15}$ $7 \cdot 10^{13}$	$1{,}5 \cdot 10^{15}$ $7 \cdot 10^{12}$

*) Zie het in noot [6]) aangehaalde artikel

**) Temperatuur waarbij de viscositeit de waarde $10^{14,6}$ poise bereikt.

***) Temperatuur waarbij de viscositeit de waarde $10^{13,6}$ poise bereikt.

°) Temperatuur waarbij de viscositeit de waarde $10^{7,6}$ poise bereikt.

°°) Gemeten als de temperatuur waarbij een staafje van het glas, van 50 mm lengte en 5 mm middellijn, bij een spanning van 100 V, een stroom van 1,18 μA doorlaat.

[5]) J. Smelt, Le verre pour la télévision, Verres et réfractaires **6**, 75-82, 1952 (No. 2).

[6]) A. A. Padmos en J. de Vries, Spanningen en spanningsonderzoek bij glas, Philips techn. T. **9**, 277-285, 1947, in het bijzonder blz. 282-284.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Behalve uit het venster bestaat de buis uit de volgende glazen onderdelen: het brugje, waarop het electronenkanon is gemonteerd, de hals, waaraan dit brugje wordt gesmolten, en de zg. koepel, die de overgang tussen de hals en de conus vormt. In fig. 6 vindt men venster, conus, hals en koepel afgebeeld. Ook aan het glas dat voor brugje, hals en koepel wordt gebruikt, willen we enkele woorden wijden.

Meer nog dan het glas van het venster, moet ook dat van de koepel en de hals een bijzonder grote soortelijke electrische weerstand hebben, want het vormt de isolator tussen de op zeer hoge spanning staande conus en de geleidende laag op de binnenzijde van het glas enerzijds en de zich op aardpotentiaal bevindende focusseerspoel en afbuigspoelen anderzijds. Ofschoon het nieuwe, loodvrije, „ijzerglas" goed genoeg isoleert om voor koepel en hals dienst te kunnen doen, is voor deze onderdelen toch de voorkeur gegeven aan het nog beter isolerende loodhoudende „ijzerglas", ook met het oog op het lagere verwekingspunt. Dit laatste vergemakkelijkt de fabricage van het brugje en het insmelten. Het zachter zijn van het glas heeft natuurlijk als consequentie dat men bij het pompen erop moet toezien dat de genoemde onderdelen iets minder hoog worden verhit dan het venster. Dit is geen bezwaar, want voor de gasafgifte is hoofdzakelijk het fluorescentiescherm aansprakelijk.

Ook het brugje wordt van loodhoudend „ijzerglas" gefabriceerd. Het is ringvormig uitgevoerd, omdat dan de afstand tussen de doorvoerdraden het grootst kan worden gemaakt.

Voor de doorvoerdraden van het brugje zijn verschillende materialen beproefd.

Zuiver ijzerdraad („Armco"-ijzer) is bruikbaar, mits men ervoor zorgt het niet zodanig te oxyderen dat een dikke, poreuze oxydelaag ontstaat. Gunstig is, het vooraf te oxyderen in een bepaalde atmosfeer, van bijv. koolzuur en stoom; er vormt zich dan een dichte, harde oxydehuid. Ter voorkoming van overoxydatie moet deze echter onmiddellijk worden bedekt met een laagje email, waarna de draad zeer voorzichtig moet worden behandeld.

Minder goed zijn verkoperd ijzerdraad, waarbij vaak kleine sprongetjes rondom de draad optreden, en electrolytisch verchroomd ijzerdraad, dat na warmtebehandeling onregelmatige diffusieverschijnselen vertoont.

Zeer betrouwbaar bleek ten slotte gechromeerd staaldraad. Over gechromeerd materiaal wordt in de volgende paragraaf gesproken.

Bescherming tegen aantasting

Reeds bij het aaneensmelten van het venster en de conus, waarbij plaatselijk temperaturen tussen 1050 en 1100 °C optreden, zou zich op het staal, indien het onbeschermd was, een dikke oxydehuid vormen. Deze huid, los van structuur en poreus, zou het vacuumdicht zijn van de las hoogst dubieus maken.

Nieuwe gevaren van aantasting dreigen bij het aanbrengen van de fluorescerende laag, die men uit een zwak alkalische vloeistof laat bezinken [7]). Door deze bewerkingen, en ook, in de loop van enige dagen, door inwerking van de lucht, kunnen losse roestdeeltjes ontstaan. Als deze van de conuswand zijn afgevallen, kunnen zij zich op het scherm als donkere vlekjes voordoen, of, erger nog, op de kathode belanden en de emissie bederven.

Er zijn langdurige proeven nodig geweest om tegen het corrosiegevaar een afdoend middel te vinden.

Twee van de onderzochte, maar intussen verlaten, middelen willen we hier in het kort bespreken. Het ene bestaat uit emailleren, het andere uit vernikkelen van de conus.

a) Emailleren. Allerlei huishoudelijke artikelen van staal worden tegen corrosie beschermd door email: pannen, emmers, enz. Het is echter niet gelukt een email te vinden dat tegelijk stevig genoeg hecht en voldoende bestand is tegen een tweede maal wassen met fluorwaterstofzuur (dit laatste is nodig bij een buis die tijdens het verdere fabricageproces is uitgevallen en waarvan men de conus opnieuw wil gebruiken). Werkt men met een goed hechtend grondmateriaal met daaroverheen een zuurvast dekemail, dan wordt de emaillaag te dik: door het verschil in uitzettingscoëfficient tussen staal en email gaat dit laatste bij het insmelten van het venster barsten en afschilferen.

b) Vernikkelen. Men kan staal vrij goed corrosievast maken door het electrolytisch te vernikkelen. Een laag van 10 μ dikte is daartoe voldoende. Past men deze methode toe op een conus, dan geeft het nikkel, bij het insmelten van het venster, duizenden gasbelletjes af, die een zg. schuimende las vormen, welke van zeer slechte kwaliteit is. Het is ons gebleken dat een goed middel hiertegen bestaat in het electrolytisch neerslaan van een 3 tot 5 μ dik laagje chroom op de rand van de vernikkelde conus. Voor toepassing op grote schaal is deze methode echter minder geschikt dan degene die hieronder wordt beschreven.

Een betrouwbare oplossing van het corrosievraagstuk werd ten slotte gevonden in het zg. chromeringsprocédé [8]), dat vooral in Duitsland veel wordt toegepast om allerlei stalen artikelen chemisch resistenter te maken. Dit procédé bewerkstelligt dat aan het oppervlak van het staal door diffusie van chroom een dun laagje chroomijzer wordt gevormd, dat de bescherming tegen corrosie levert.

---

[7]) Zie de platen in Philips techn. T. **11**, 186, 1949 en **10**, 67, 1948.

[8]) Met chromeren bedoelen wij wat in het Engels to chromise of to chromatise heet, in het Frans cémenter en in het Duits einchromieren. Voor een uitvoerige beschrijving zie de reeks artikelen van R. L. Samuel en N. A. Lockington, The protection of metallic surfaces by chromium diffusion, Metal Treatment **18**, Aug. tot en met Dec. 1951 en **19**, Jan. en Febr. 1952.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het chromeren gaat als volgt in zijn werk. De te behandelen voorwerpen — in ons geval stalen platen van 3 mm dik — en ferrochroomerts met zeer hoog Cr-gehalte worden in een afgesloten oven verhit tot ongeveer 1000 °C. Door de oven wordt HCl geblazen. Dit vormt met ferrochroom het vluchtige chroomchloride. De Cr-atomen hiervan gaan nu een uitwisseling aan met de vrijwel even grote Fe-atomen van de te chromeren voorwerpen. Aldus ontstaat er aan het oppervlak een laagje chroomijzer; afhankelijk o.a. van de temperatuur en van de duur der behandeling, heeft de laag een dikte van 70 tot 150 μ. Het Cr-gehalte is ongeveer 30% aan de buitenzijde en neemt naar binnen toe af. De laag is zeer innig met het moedermateriaal verbonden. Men kan dit laatste echter wegbeitsen, zoals *fig. 7* laat zien; er blijft dan aan weerszijden de chroomijzerhuid over. Deze proef demonstreert tevens dat het chroomijzer edeler is dan het staal.

De gechromeerde plaat kan goed tot een conus worden verwerkt, mits bepaalde voorzorgen worden genomen en de samenstelling van het staal aan bepaalde eisen voldoet. Dank zij het hoge Cr-gehalte aan het oppervlak is de lasbaarheid aan glas zeer goed. Doordat de chroomijzerlaag zeer dun is, heeft de gechromeerde plaat een uitzettingscoëfficient die nauwelijks van die van onbedekt staal verschilt. Toch is de laag resistent genoeg om de bewerkingen die een ballon in de fabricage ondergaat, meermalen te kunnen verdragen; van een uitgevallen ballon kan men dan ook de conus weer gebruiken, zonder dat deze opnieuw behoeft te worden gechromeerd.

Om het uitwendige van de conus op de lange duur te beschermen tegen roesten en tevens ter verfraaiing van het uiterlijk, wordt hij aan het slot van de fabricage gelakt.

Voor de doorvoerdraden van het brugje wordt gechromeerd staaldraad gebruikt. Dit draad is 0,5 mm dik, de chroomijzerlaag 15 tot 20 μ.

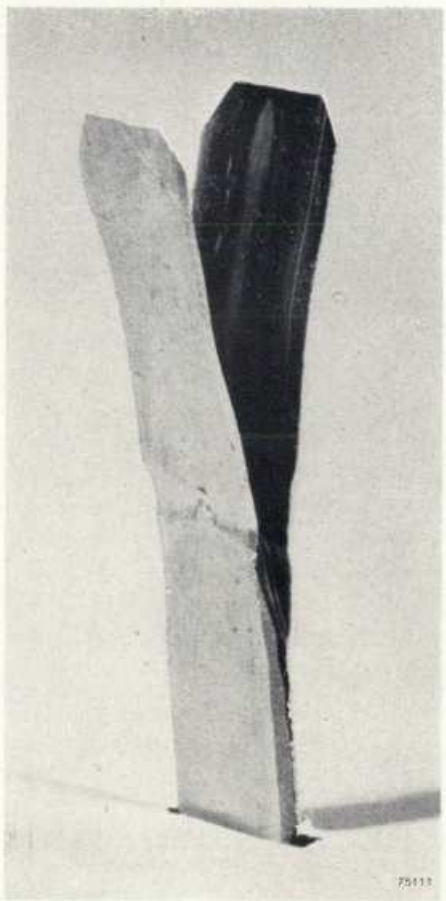


Fig. 7. Demonstratieproef voor de resistentie van chroomijzer, dat door chromeren op staalplaat is gevormd. Een gedeelte van het staal is weggebeitst, doch de twee chroomijzerhuidjes zijn onaangetast blijven staan.

Fabricage van ballons met stalen conus

Fig. 8 laat de conus zien in verschillende fabricagestadia. Het vormen geschiedt in twee stappen. Eerst wordt de 3 mm dikke plaat, die op de gewenste maat is afgesneden, geforceerd tot een ronde conus, waarvan de hoogte ongeveer $^5/_6$ bedraagt van de hoogte van het definitieve product. De dikte van het geforceerde gedeelte is door deze bewerking verminderd tot ongeveer de helft. Dit tussenproduct wordt nu onder een zware pers gelegd. Een matrijs en een stempel zorgen ervoor dat de conus aan de wijde kant een opening van de juiste vorm en grootte krijgt („rechthoek" met afgeronde hoeken en ietwat bolle zijden). Tegelijk krijgt de rand het in fig. 5 afgebeelde profiel. Bij deze tweede bewerking, die meer een vouwen is dan een trekken, ondergaat het materiaal geen diktevermindering. De rand heeft dus dezelfde dikte als de oorspronkelijke plaat (3 mm), wat ook nodig is wegens de zware mechanische belasting die na het evacueren in de rand optreedt.

Nadat de bodem is uitgestoken en de overtollige gedeelten van de rand zijn verwijderd, is de conus klaar voor het aansmelten van de glazen delen. Het eerst is de koepel aan de beurt (die dan reeds één geheel is met de hals, waarin later het brugje met het kanon wordt gesmolten), daarna het venster. Voor het aansmelten van het venster gebruikt men in de seriefabricage machines die bestaan uit een draaischijf (analoog aan die voor het zg. roterend insmelten en pompen van gloeilampen of radiobuizen) met twaalf posities. Op een opengekomen plaats worden telkens een conus (met koepel en hals) en een venster geplaatst. Enige grote vlammen van gas en lucht verwarmen deze onderdelen successievelijk voor, en in een van de volgende posities

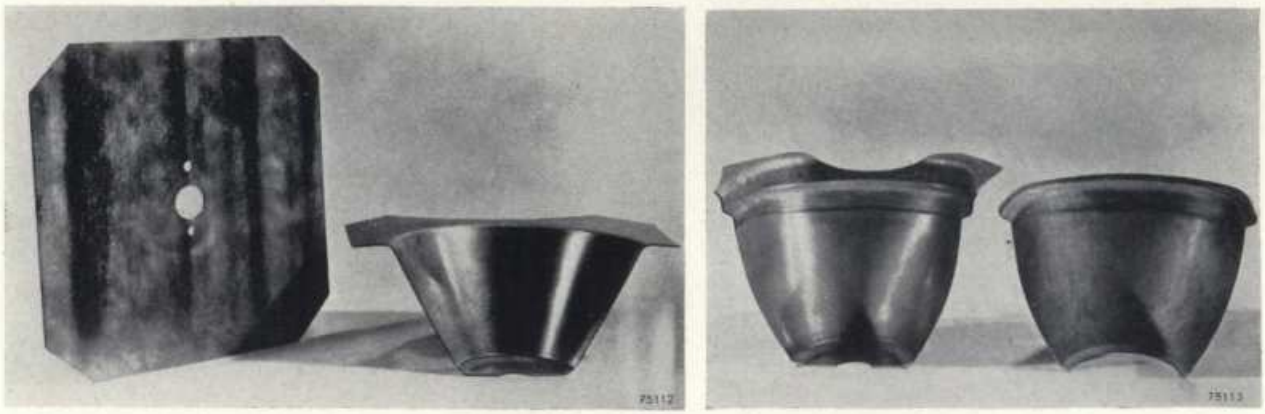
Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van de draaischijf geschiedt het eigenlijke aansmelten door middel van een groot aantal kleinere vlammen van gas en zuurstof.

Nog vóór de ballon een volledige omwenteling van de draaischijf heeft meegemaakt, is de versmelting tot stand gekomen. De bovenzijde van de ballon komt dan in de zg. egaliseeroven, die ten doel heeft, de temperatuur van de conusrand en de ruit gelijk te maken. Deze temperatuur is zo gekozen dat het glas enigszins week blijft.

van het staal koelt de conus sneller af. Wanneer het glas de temperatuur T_s heeft bereikt, is het metaal dus al op een lagere temperatuur. Was $a_m = a_g$, dan zou het glas bij verdere afkoeling zeker onder trekbelasting komen te staan, want de omtrek van de conusopening wil nog slechts een kleiner bedrag krimpen dan de omtrek van het venster. In werkelijkheid echter is $a_m > a_g$ ($a_m = 13{,}0 \cdot 10^{-6}$ per °C, $a_g = 11{,}8 \cdot 10^{-6}$ per °C). Hierdoor is in principe de mogelijkheid gegeven dat in de eindtoestand het



a *b* *c* *d*

Fig. 8. Vorming van een stalen conus. *a*) 3 mm dikke plaat van gechromeerd staal, op de juiste maat afgesneden. *b*) Door forceren is uit deze plaat een afgeknotte cirkelkegel gevormd. *c*) Deze kegel heeft door middel van een matrijs en een stempel de gewenste vorm gekregen (dwarsdoorsnede in de vorm van een „rechthoek" met afgeronde hoeken en enigszins bolle zijden) en tevens is de rand in het juiste profiel gebracht. *d*) Overtollige stukken van rand en bodem zijn verwijderd.

Na een minuut of zeven verlaat de ballon de oven, waarna men hem aan de lucht laat afkoelen. Dit is in afwijking van het vaak gebruikte afkoelingsprocédé voor geheel glazen voorwerpen: deze verblijven lange tijd in „koelovens", waarin zij zeer geleidelijk op kamertemperatuur komen. Daar wil men namelijk het eindproduct geheel spanningsloos hebben. In ons geval daarentegen is het juist gunstig indien in het afgekoelde glas nog een zekere spanningstoestand heerst, en wel een drukspanning (zie de Inleiding).

Spanningen in het glas

Welke spanningstoestand er in een geval als het onze zal resulteren, hangt af van de uitzettingscoëfficienten a_m en a_g van het metaal resp. het glas, van de temperatuur van de egaliseeroven en van de temperatuur T_s waarbij het glas star begint te worden (dwz. waarbij zich in het te voren weke glas een spanningstoestand begint op te bouwen).

Zodra de ballon de oven heeft verlaten, beginnen conus en venster in temperatuur te dalen; wegens de grotere straling en warmtegeleiding

glas onder druk staat. De voorwaarde daartoe is, dat, op het ogenblik waarop het glas de temperatuur T_s heeft bereikt, de temperatuur van het metaal niet te ver beneden T_s is gedaald. Deze voorwaarde is des te beter vervuld naarmate men de temperatuur van de egaliseeroven minder hoog boven T_s kiest. Door het regelen van de oventemperatuur kan men dus het glas onder de gewenste drukbelasting doen komen.

Tijdens het afkoelen van het glas treedt nog een ander effect op. Wanneer de hete ruit de egaliseeroven verlaat, koelen de buitenste lagen van het glas sneller af dan het inwendige. Dit laatste zal nog plastisch zijn op het ogenblik waarop de buitenkant al elastisch begint te worden. Bij het verdere afkoelen komen de buitenzijden dus onder drukspanning. Dit effect („toughening") verleent een extra-sterkte aan het glas en wordt daarom ook vaak toegepast voor de ruiten van auto's. Het treedt in sterkere mate op naarmate de temperatuur van de egaliseeroven hoger is, doch dan is, zoals we boven hebben gezien, de druk die door de conus op het venster wordt uitgeoefend, juist kleiner. Men is met

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de egalisatietemperatuur dus aangewezen op een compromis.

Om een indruk te krijgen hoe sterk de ballon is, kan men hem aan het halseinde dichtsmelten en in een drukketel onderwerpen aan een geleidelijk opgevoerde overdruk. Het bolle venster zal door de druk enigermate platter worden en daarbij zijn omtrek trachten te vergroten, dwz. de aanvankelijk aanwezige drukspanning wordt kleiner en gaat op een zeker ogenblik over in trekspanning. Bij een overdruk van 3 tot 3,5 atm bezwijkt het venster (*fig. 9*). De radiaal lopende scheuren bewijzen dat

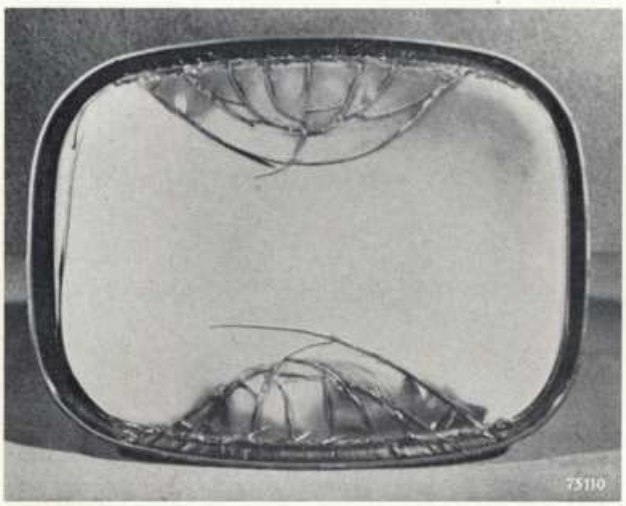


Fig. 9. Een dichtgesmolten ballon is blootgesteld geweest aan overdruk, die werd opgevoerd tot het venster bezweek. Dit implodeerde niet; de scherven zijn, integendeel, op hun plaats gebleven.

het glas is bezweken aan tangentieel werkende trekkrachten. Het metaal is heel gebleven, dank zij zijn grotere treksterkte (ca. 2100 kg/cm², tegenover die van het glas 300 tot 700 kg/cm²). Daaraan is het te danken dat de ballon niet is geïmplodeerd, dwz. de glasscherven zijn op hun plaats blijven zitten. Ze worden soms zo sterk tegen elkaar gedrukt dat een buis met een gebarsten venster nog goed kan worden geëvacueerd!

Spanningsonderzoek

Uit het bovenstaande zal het duidelijk zijn geworden dat het zeer belangrijk is of in het venster de juiste spanningstoestand heerst. Een contrôle hierop is dan ook onontbeerlijk. Deze gebeurt steekproefsgewijs. Een klein percentage van de gefabriceerde ballons wordt blootgesteld aan overdruk, zoals werd besproken. Een groter percentage wordt onderworpen aan een niet-destructief onderzoek met behulp van gepolariseerd licht, volgens een principe dat reeds in dit tijdschrift is beschreven (zie het in noot [6]) aangehaalde artikel). Deze methode berust op het feit dat mechanische spanningen het glas dubbel brekend maken en dat de mate van dubbele breking evenredig is met de grootte van de spanningen; nauwkeuriger gezegd: met het verschil van de hoofdspanningen. De evenredigheidsfactor hangt af van de soort glas. De dubbele breking kan men constateren aan een verkleuring van het doorgelaten licht. De proef bestaat hierin dat wij een ballon gedeeltelijk evacueren. De spanningen die door de overdruk van de atmosfeer worden opgewekt, superponeren zich op de reeds aanwezige. Wij kunnen nu bepalen bij welke onderdruk Δp_0 in de ballon de spanningen aan de rand van het venster elkaar precies compenseren; de kleur van de randzone slaat dan namelijk om. Het criterium voor de beoordeling is dat Δp_0 moet liggen tussen twee empirisch bepaalde grenzen.

Nadere uiteenzetting van het spanningsonderzoek

Een gepolariseerde lichtbundel — verkregen met behulp van een „Polaroid" filter — valt door de ballon heen; hij treedt door het venster binnen en door de koepel naar buiten. Vervolgens valt hij door een zg. roodplaatje [9]) en een tweede „Polaroid" filter. Dit laatste laat alleen licht door waarvan de trillingsrichting loodrecht staat op die van het eerste. Waargenomen wordt de bundel die door het tweede filter wordt doorgelaten.

Langs de loodlijn in een willekeurig punt van het glasoppervlak variëren de hoofdspanningen in het glas van punt tot punt, als gevolg van de kromming van de ruit. In *fig. 10a* is dit voor één van de hoofdspanningen weergegeven, en wel voor de tangentieel gerichte hoofdspanning σ_1. Voor de radiaal gerichte hoofdspanning σ_2 (loodrecht op het vlak van tekening) geldt iets dergelijks; de derde hoofdspanning, loodrecht op σ_1 en σ_2, is verwaarloosbaar klein. Het verloop van σ_1 en σ_2 in de dikterichting van het venster kan worden opgevat als

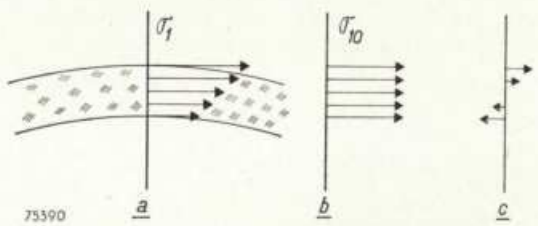


Fig. 10. *a*) Doorsnede van het venster van een metalen weergeefbuis, met het verloop van de tangentieel gerichte hoofdspanning σ_1 langs de loodlijn in een willekeurig punt. Dit verloop kan worden opgevat als de superpositie van een gelijkmatig verdeelde trek- en drukspanning σ_{10} (zie *b*) en een symmetrisch verdeelde buigspanning (zie *c*).

[9]) De functie van het roodplaatje is de volgende. Zonder dit plaatje zouden de interferentiekleuren bij zwakke dubbele breking in het glas grijsblauw van tint zijn en daardoor moeilijk waar te nemen. Het roodplaatje nu geeft een aanzienlijke, constante, dubbele breking, overeenkomend met een verschil van 530 mμ tussen de weglengten van de gewone en de buitengewone straal; aldus ontstaat de interferentiekleur „rood van de eerste orde". Veranderingen van deze kleur als gevolg van dubbele breking in het te onderzoeken voorwerp zijn gemakkelijk waarneembaar.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de superpositie van een gelijkmatig verdeelde trek- en drukspanning, σ_{10} (fig. 10*b*) resp. σ_{20}, en een symmetrisch verdeelde buigspanning (fig. 10*c*). Deze laatste draagt niet bij tot het optische effect, daar de dubbele breking veroorzaakt door de positieve buigspanningen juist wordt gecompenseerd door een tegengestelde dubbele breking als gevolg van de negatieve buigspanningen. De resulterende dubbele breking in een punt van het venster is dus alleen een maat voor $\sigma_{10} - \sigma_{20}$ ter plaatse, en dit geldt met goede benadering ook voor de totale dubbele breking (van venster en koepel samen), daar het glas van de koepel nagenoeg spanningsvrij is en dus geen noemenswaardige dubbele breking veroorzaakt. Opgemerkt zij dat de methode geen uitsluitsel geeft over σ_{10} en σ_{20} afzonderlijk, maar alleen over het verschil tussen deze twee hoofdspanningen.

Dit spanningsverschil, $\sigma_{10} - \sigma_{20}$, hangt af van de afstand r van het beschouwde punt tot het midden van het venster. Nemen we eerst eens aan dat het venster cirkelrond is, zoals bij oudere buizen het geval was. Uit de symmetrie volgt dan dat in het midden σ_{10} gelijk is aan σ_{20}. Daar treedt dus geen dubbele breking op, dwz. men ziet in het midden van het venster geen verkleuring. Buiten het midden wordt, al naar de grootte van het plaatselijke spanningsverschil, wèl verkleuring waargenomen.

De spanningstoestand in het venster van een geheel of gedeeltelijk geëvacueerde ballon is de superpositie van de voorspanningen die het gevolg zijn van de om het venster gekrompen conus en van de spanningen die ontstaan door de overdruk van de buitenlucht. Deze spanningen kunnen voor het hier beschouwde rotatiesymmetrische geval afzonderlijk worden berekend [10]); voor een rechthoekige buis is dit niet mogelijk.

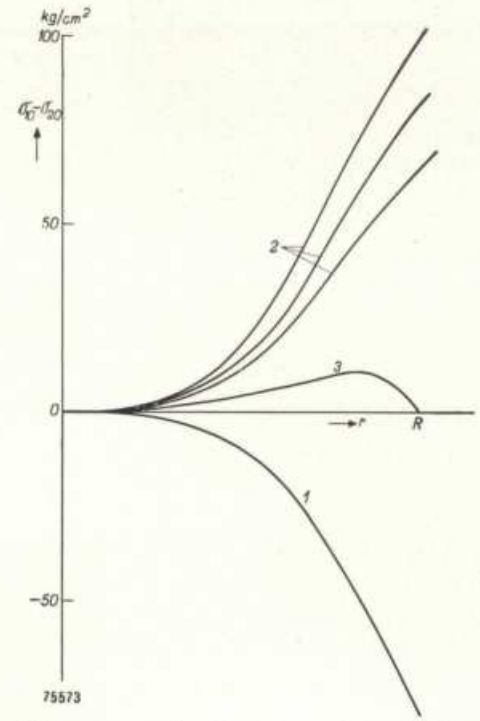


Fig. 11. Als functie van de afstand r tot het middelpunt van een rond venster (straal R) zijn uitgezet: het verloop van $\sigma_{10} - \sigma_{20}$, berekend uit de uitzettingscoëfficienten α_m en α_g (kromme *1*), en de berekende waarden van $\sigma_{10} - \sigma_{20}$ voor zover teweeggebracht door een verschil Δp in luchtdruk buiten en binnen de ballon, voor verschillende waarden van Δp (krommen *2*). De kromme *3* is de superpositie van de kromme *1* en een zodanige kromme *2* dat *3* door nul gaat bij $r = R$.

Zo geeft in *fig. 11*, als functie van r, de kromme *1* het berekende verloop van $\sigma_{10} - \sigma_{20}$ voor zover de spanningen afkomstig zijn van het verschil tussen de uitzettingscoëfficient van het metaal (α_m) en die van het glas (α_g). De krommen *2* geven de berekende waarden van $\sigma_{10} - \sigma_{20}$ voor zover deze spanningen

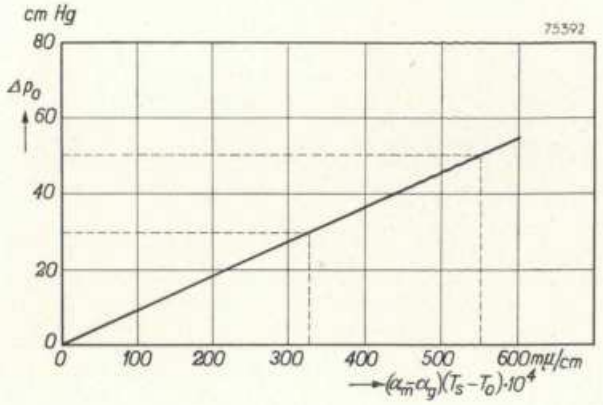


Fig. 12. De overdruk Δp_0 die nodig is om aan de rand van het venster $\sigma_{10} = \sigma_{20}$ te maken, is een lineaire functie van het verschil in omtrek, $(\alpha_m - \alpha_g)(T_s - T_0)$, dat conusrand en venster zouden vertonen indien zij afzonderlijk van T_s tot T_0 waren afgekoeld.

worden teweeggebracht door het luchtdrukverschil; elke kromme behoort bij een bepaald drukverschil Δp. Superpositie van de kromme *1* en één van de krommen *2* levert een kromme *3*, die het totale hoofdspanningsverschil voorstelt dat zich in het venster van een gegeven ballon instelt bij een bepaald drukverschil Δp. De grootte van Δp kan bij de te beschrijven proef zo worden gekozen dat *3* door nul gaat bij r gelijk aan de straal R van het venster, zoals in fig. 11 is voorgesteld. In die toestand vertoont het glas aan de rand dus geen dubbele breking.

Hiermee zijn we gekomen bij de boven beschreven proef, waarmee wordt nagegaan of de aangesmolten vensters de juiste voorspanning hebben. Pompt men zoveel lucht uit de ballon dat men de kleur van de randzone ziet omslaan, dan heeft men uit de bundel krommen *2* die gekozen welke de kromme *1* althans aan de rand compenseert. Het drukverschil Δp_0 waarbij dit het geval is, is een maat voor $\sigma_{10} - \sigma_{20}$ aan de rand. Het is evenredig met de grootheid die de voorspanning in de ruit teweegbrengt, namelijk met het relatieve verschil in lineaire afmetingen dat de ruit en de conusrand zouden vertonen indien men ze afzonderlijk had laten afkoelen van de verwekingstemperatuur T_s van het glas tot de kamertemperatuur T_0. Het drukverschil Δp_0 is dus evenredig met $(\alpha_m - \alpha_g)(T_s - T_0)$. In *fig. 12* is deze lineaire betrekking voorgesteld [11]), berekend voor ronde buizen.

---

[10]) De berekeningen zijn uitgevoerd op aanwijzing van Dr. Ir. J. A. Haringx, van het Philips Natuurkundig Laboratorium.

[11]) Zoals werd beschreven op blz. 282 van het artikel [6]), kan de uitzettingscoëfficient van een materiaal het nauwkeurigst worden gemeten door middel van een spanningsonderzoek — ook weer met behulp van gepolariseerd licht — na aansmelting aan een plaatje van een standaardmateriaal. De grootte van de gemeten dubbele breking per cm materiaaldikte wordt uitgedrukt in millimicrons weglengteverschil van de lichtstralen. Vandaar dat langs de abscis van fig. 12 en langs de ordinaat van fig. 2 een schaal in mμ/cm is aangebracht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Voor rechthoekige buizen is de berekening niet uitvoerbaar, maar er geldt een soortgelijke betrekking. Men kan dan ook dezelfde proef doen. Zowel voor rechthoekige als voor ronde buizen geldt dat Δp_0 tussen grenzen moet liggen die empirisch moeten worden bepaald.

Samenvatting. Een van de manieren waarop men is tegemoet gekomen aan de vraag naar grotere televisiebeelden, is het construeren van grotere weergeefbuizen voor direct zicht. Een belangrijke stap in deze ontwikkeling was het overgaan van geheel glazen buizen naar buizen met een conisch gedeelte van metaal. Het venster kan dan worden getrokken volgens de vensterglastechniek. Met dit procédé is een veel gelijkmatiger dikte te verkrijgen dan met de persmethode, die voor het dikkere, sterker gekromde venster van geheel glazen buizen wordt toegepast. Dit komt de beeldkwaliteit ten goede. Dank zij de zwakke kromming kan de gehele vensteroppervlakte nuttig worden gebruikt en zijn reflecties van lampen in de kamer gemakkelijk te vermijden.

Als metaal voor de conus wordt volgens de nieuwste ontwikkeling vloeistaal gebruikt, een materiaal waarmee bij Philips reeds gunstige ervaring in soortgelijke gevallen was opgedaan. Het is aanzienlijk goedkoper en beter bewerkbaar dan het tot dusverre gebruikte chroomijzer. Er moest echter een nieuwe glassoort voor worden ontwikkeld, die een voldoende hoog verwekingspunt heeft (met het oog op het ontgassen van de buis). Het is gelukt zulk een glas samen te stellen (laagste en hoogste ontspanningstemperatuur resp. 450 en 470 °C, verwekingspunt 645 °C). Dit glas is vrij van lood, wat gunstig is wegens de prijs, en kan grijs worden gemaakt ter vermindering van contrastverlies door van buiten komend licht. Als methode om het staal te vrijwaren van corrosie tijdens het fabriceren van de buis, is na vele proefnemingen de keus gevallen op het chromeren, waarbij aan het oppervlak een laagje chroomijzer wordt gevormd. Gechromeerd staal wordt ook gebruikt voor de doorvoerdraden van het brugje. Het aansmelten van het venster in de conus en de daarop volgende afkoeling geschieden zo dat in de eindtoestand de conus de rand van het glas onder druk zet en dat tevens in de buitenste lagen van het glas drukspanningen optreden („toughening"). Hieraan dankt het venster, in weerwil van de geringe dikte, zijn grote sterkte. Het gevaar voor implosie is nog aanzienlijk geringer dan bij even grote glazen buizen. Het optreden van de juiste spanningstoestand in het glas wordt gecontroleerd met behulp van gepolariseerd licht.

BOEKBESPREKING

Gegevens en Schakelingen van Televisie-Ontvangbuizen, door J. J. Jager, 256 blz., 246 figuren. — Philips Technische Bibliotheek — Meulenhoff & Co. N.V., Amsterdam.

In de Philips Boekenreeks over electronenbuizen is thans als deel IIIc het boek van de heer Jager over televisieontvangbuizen verschenen. In dit boek worden alle buizen die bij Philips speciaal zijn ontwikkeld voor gebruik in televisieontvangers, uitvoerig behandeld.

De televisietechniek stelt uiteraard andere eisen aan versterkbuizen dan de radiotechniek. De meest in het oog lopende verschillen zijn wel dat signalen van veel grotere bandbreedte moeten worden versterkt en dat deze versterking veelal bij hogere frequenties moet plaatsvinden.

Behalve de versterkbuizen vindt men in een televisieontvanger verder nog buizen die een speciale functie verrichten, bijv. in de afbuigschakelingen, waarvoor buizen met bepaalde eigenschappen nodig zijn. Ten slotte vindt men in een ontvanger de weergeefbuis, die wel één van de belangrijkste onderdelen van een ontvanger moet worden genoemd.

Het ligt voor de hand dat voor al deze functies nieuwe buizen dienden te worden ontwikkeld. Het onderhavige boek houdt zich niet of nauwelijks bezig met de wijze waarop men erin is geslaagd de gewenste buiseigenschappen te verkrijgen, doch het beperkt zich ertoe de verkregen eigenschappen eenvoudig mede te delen en aan de hand van schakelschema's te behandelen op welke wijze men van de buiseigenschappen het meest profijt kan trekken. Het boek is dan ook vooral bedoeld voor apparatenontwerpers, die hierin een schat van gegevens bijeen vinden.

In het eerste hoofdstuk van het boek, dat in drie hoofdstukken is ingedeeld, worden alle buizen achtereenvolgens besproken. Wanneer we enkele der belangrijkste willen noemen, beginnen we met de ECC 81, een dubbele triode, die geschikt is voor versterking van frequenties tot 300 MHz en dus kan worden gebruikt in band III van de televisie (174-216 MHz). Verschillende schakelingen, zoals kathodebasisschakeling, roosterbasisschakeling en cascadeschakeling, worden behandeld. Ook wordt aangegeven hoe de ECC 81 als een zelfoscillerende mengbuis dienst kan doen, waarbij een ruisarme mengschakeling ontstaat. Verder wordt de EF 80, een penthode met grote steilheid, behandeld, een buis die zowel voor hoogfrequentieversterking als middenfrequentieversterking kan worden gebruikt.

Vermelding verdienen vooral de PL 81, een buis ontworpen voor gebruik in schakelingen voor horizontale afbuiging, evenals de spaardiodes PY 80 en PY 81. Deze laatste buis kan een hoge spanning tussen kathode en gloeidraad verdragen en is daardoor bijzonder geschikt voor gebruik in de moderne energiesparende afbuigschakelingen.

De EY 51, een gelijkrichter voor de hoogspanning van de weergeefbuis, verdient zeker vermelding.

In het boek worden ook de weergeefbuizen van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

36 cm en 43 cm schermdiameter geïntroduceerd. Beide hebben een rechthoekig scherm. De grootste buis heeft een metalen conus, die een aanzienlijke gewichtsbesparing ten gevolge heeft. In het boek wordt eveneens attent gemaakt op een aantal bij Philips ontwikkelde standaardonderdelen, die als behorende bij de weergeefbuizen onmisbaar zijn, zoals afbuigspoelen en hierbij behorende transformatoren.

Op het hoofdstuk over buizen volgt een hoofdstuk waarin schemabeschrijvingen worden gegeven. Hierin wordt de interdraaggolfontvangst van het geluid in een televisieontvanger beschreven, terwijl ook vrij veel aandacht wordt besteed aan de zg. vliegwielsynchronisatie. Dit hoofdstuk wordt besloten met een beschrijving van een complete televisieontvanger met een weergeefbuis van 43 cm schermdiameter.

Er is nog een derde hoofdstuk aan het boek toegevoegd, waarin enkele bij Philips ontwikkelde meetapparaten worden beschreven die bij het ontwerpen en reviseren van televisieontvangers van dienst kunnen zijn.

Het boek is op prettige en overzichtelijke wijze geschreven. Het bevat voor de apparatenbouwer van professie een schat van onmisbare gegevens. Echter zullen ook zij die er genoegen in scheppen door eigen bouw deel te hebben aan de ontwikkeling van een fascinerend communicatiemiddel, dit boek met vreugde begroeten.

Dr. J. HAANTJES.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voorzover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

2021: K. F. Niessen: Curie temperature of nickel-zinc ferrites as a function of the nickel-zinc ratio (Physica **17**, 1033-1049, 1951, No. 11/12).

De verhouding van de Curie-temperatuur van een mengkristal $(MeZn)Fe_2O_4$, waarin Me een tweewaardig metaal voorstelt, tot die van het zinkvrije ferriet $MeFe_2O_4$ kan worden berekend met behulp van een gegeneraliseerde theorie van Néel (welke laatste de theorie van Weiss uitbreidt tot ferrieten). Hierbij wordt de wisselwerking van alle magnetische ionen in rekening gebracht. De afhankelijkheid van de Curie-temperatuur van de samenstelling leidt tot de voorspelling dat zinkferriet zelf antiferromagnetisch is.

2022: H. G. Beljers, W. J. van de Lindt en J. J. Went: A new point of view on magnetic losses in anisotropic bars of ferrite at ultra-high frequencies (J. appl. Phys. **22**, 1506, 1951, No. 12).

Verscheidene ferrietstaven vertonen, bij geschikte behandeling, magnetische verliezen in het frequentiegebied van 100 tot 10^4 MHz die sterk (tot 10%) kunnen worden verminderd door het aanbrengen van een relatief zwak, axiaal gericht magneetveld. Niet speciaal behandelde staven vertonen dit gedrag niet. Het effect kan worden verklaard door aan te nemen dat bij extrusie langgerekte luchtruimten ontstaan, die een anisotrope orientatie van de Weiss-gebieden veroorzaken.

2023: A. M. Kruithof en W. de Groot: Photometry at very low brilliance levels (C.I.E. Proc. Stockholm 1951, vol. 2, Gen. paper D, 9 pp.).

Voorlopige proeven bij helderheidsniveaus van 10 tot 10^{-5} cd/m² met een fotometer met cirkelvormig veld (schijf 4°, ring 8°) door vier waarnemers. Een lichtbron van kleurtemperatuur 2042 °K wordt vergeleken met lichtbronnen van kleurtemperaturen 2042 °K en 7700 °K. De heterochrome instellingen vertonen een afhankelijkheid van het fixatiepunt (foveaal en 4° parafoveaal), welke blijkt als men de grootheid $\log L_{2042}/L_{7700}$, welke aan een instelling op gelijke schijnbare helderheid beantwoordt, uitzet tegen $\log L_{2042}$ (L = luminantie).

R 185: J. L. H. Jonker, A. J. W. M. van Overbeek en P. H. de Beurs: A decade counter valve for high counting rates (Philips Res. Rep. 7, 81-111, 1952, No. 2).

De Philips decimale telbuis is een kathodestraalbuis met een lintvormige electronenbundel en eendimensionale deflectie, waardoor de bundelstroom verdeeld wordt over een aantal electrodes. Door middel van terugkoppeling van een van deze electrodes naar een deflectie-electrode kan de bundel in één van tien discrete standen worden gefixeerd. In elk van die standen treft de bundel een fluorescerend wandgedeelte van de buis, zodat de stand van de bundel hierop kan worden afgelezen. De bundel beweegt van de ene stand naar de volgende door

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

middel van een impuls op een der deflectie-electrodes. Doordat deze buizen in cascade kunnen worden geschakeld, is het mogelijk er tel- en rekenapparaten mee te bouwen. De kleine afmetingen, de duidelijke aanwijzing en het zeer geringe verbruik bij voeding met 300 V, maken de telbuis voor diverse toepassingen aantrekkelijk. Voor onregelmatige impulsen werd in de eenvoudigste schakeling een scheidend vermogen van ca. 15 μsec gemeten. Met behulp van een dubbele triode kon dit verbeterd worden tot 6 μsec. Met een speciale schakeling bestaande uit een triode-hexode en een secundaire-emissiebuis kon deze tijd zelfs gereduceerd worden tot minder dan 0,2 μsec. Voor periodieke impulsen zijn de tijden groter. Zie ook Philips techn. T. **14**, 349-362, 1952 (No. 12).

R 186: J. A. Haringx: Instability of thin-walled cylinders subjected to internal pressure (Philips Res. Rep. **7**, 112-118, 1952, No. 2).

Zie No. **1997**.

R 187: P. Schagen, H. Bruining en J. C. Francken: A simple electrostatic electron-optical system with only one voltage (Philips Res. Rep. **7**, 119-130, 1952, No. 2).

Beschrijving van een eenvoudig electronenoptisch systeem, te gebruiken bij televisie-opneembuizen of beeldtransformatorbuizen. Het systeem bestaat uit twee concentrische bollen, waarvan de kleinste, de anode, doorboord is. De electronenbanen in het krachtveld van dit systeem worden berekend. De invloed van de boring wordt geschat. De berekening leert dat een omgekeerd beeld van de kathode kan worden verkregen op een afstand van $6R_a(n-1)/(n-4)$, waarin R_a de straal is van de bolvormige anode en n de verhouding van de stralen der beide bollen. De vergroting is $3/(n-4)$. Proeven met practisch uitgevoerde buizen leverden beelden met geen merkbare vervorming en van voldoende scherpte.

Zie ook: M. C. Teves en T. Tol, Electronische versterking van röntgenbeelden, Philips techn. T. **14**, 65-75, 1952 (No. 3).

R 188: A. E. Pannenborg: On the scattering matrix of symmetrical waveguide junctions, I (Philips Res. Rep. **7**, 131-157, 1952, No. 2).

Het electromagnetische gedrag van microgolfnetwerken, samengesteld uit golfpijpen, trilholten e.d., wordt gewoonlijk beschreven aan de hand van een vervangschema. Dit laatste wordt opgebouwd gedacht uit reactanties en weerstanden, onderling verbonden door tweedraadsleidingen. Deze werkwijze is vooral aantrekkelijk voor eenvoudige circuits met een of twee uitgangen. Voor de behandeling van microgolfcircuits met drie of meer uitgangen werkt een vervangschema nauwelijks meer verhelderend. Het dient dan slechts als kapstok om de meetresultaten aan op te hangen. Het is derhalve gebruikelijk op deze gevallen een andere beschrijvingswijze toe te passen. In plaats van stromen en spanningen in een golfpijp te definiëren, voert men grootheden in welke de amplitudes van invallende en uitgaande golven aangeven. De eigenschappen van het circuit dat de toevoerleidingen verbindt, worden nu beschreven met reflectie- en transmissiecoëfficienten, betrokken op deze golven. Analoog aan de impedantiematrix, in zwang in de gebruikelijke netwerktheorie, kunnen bovengenoemde coëfficienten samengevat worden in de zg. verstrooiingsmatrix.

Dit proefschrift behandelt microgolfcircuits met behulp van de verstrooiingsmatrix. In het eerste hoofdstuk worden enige algemene eigenschappen van deze matrix afgeleid uit de vergelijkingen van Maxwell. In een recent artikel heeft Tomonaga aangetoond, hoe ook het gedrag van resonatoren op elegante wijze beschreven kan worden met behulp van de verstrooiingsmatrix. In hoofdstuk II wordt Tomonaga's theorie uitgebreid; met een aantal voorbeelden wordt de bruikbaarheid ervan gedemonstreerd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!